



**RICARDO DE OLIVEIRA SILVA**

# **Projeto, Construção e Análise de uma Bancada para Verificação de Parâmetros de Desempenho de um Sistema de Ar Condicionado Veicular**

14/2015

**CAMPINAS  
2015**



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**RICARDO DE OLIVEIRA SILVA**

# **Projeto, Construção e Análise de uma Bancada para Verificação de Parâmetros de Desempenho de um Sistema de Ar Condicionado Veicular**

Dissertação de Mestrado apresentada à  
Faculdade de Engenharia Mecânica da  
Universidade Estadual de Campinas como parte  
dos requisitos exigidos para obtenção do título  
de Mestre(a) em Engenharia Mecânica, na Área  
Térmica e de Fluidos

Orientadora: Profa. Dra. Arai A. B. Pécora

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO  
FINAL DA DISSERTAÇÃO DEFENDIDA PELO ALUNO  
RICARDO DE OLIVEIRA SILVA E ORIENTADO PELA  
PROFA. DRA ARAÍ AUGUSTA BERNARDEZ PÉCORA.....

  
ASSINATURA DA ORIENTADORA

**CAMPINAS  
2014**

Ficha catalográfica  
Universidade Estadual de Campinas  
Biblioteca da Área de Engenharia e Arquitetura  
Rose Meire da Silva - CRB 8/5974

Si38p Silva, Ricardo de Oliveira, 1972-  
Projeto, construção e análise de uma bancada para verificação de  
parâmetros de desempenho de um sistema de ar condicionado veicular /  
Ricardo de Oliveira Silva. – Campinas, SP : [s.n.], 2014.

Orientador: Araí Augusta Bernárdez Pécora.  
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade  
de Engenharia Mecânica.

1. Dinamômetro. 2. Pesquisa experimental. 3. Consumo de combustível. 4. Ar  
condicionado - Equipamento e acessório. 5. Veículos. 6. Automóveis - Consumo  
de combustíveis. I. Pécora, Araí Augusta Bernárdez, 1959-. II. Universidade  
Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Mecânica. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Project, construction, and analysis of a test bench for verifying of  
parameters of performance of the vehicular air conditioning system Palavras-chave em inglês:

Dynamometer

Experimental research

Fuel consumption

Air conditioning - Equipment and accessory

Vehicles

Car - fuel consumption

Área de concentração: Térmica e Fluidos

Titulação: Mestre em Engenharia Mecânica

Banca examinadora:

Araí Augusta Bernárdez Pécora [Orientador]

Flávio Vasconcelos da Silva

Kamal Abdel Radi Ismail

Data de defesa: 17-12-2014

Programa de Pós-Graduação: Engenharia Mecânica


**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**  
**COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA TÉRMICA E DE FLUIDOS**  
**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**


**Projeto, Construção e Análise de uma Bancada  
para Verificação de Parâmetros de  
Desempenho de um Sistema de Ar  
Condicionado Veicular.**

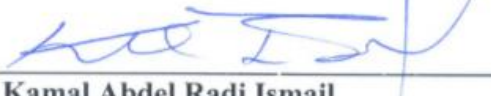
Autor: Ricardo de Oliveira Silva

Orientadora: Profa. Dra. Arai Augusta Bernárdez Pécora

A Banca Examinadora composta pelos membros abaixo aprovou esta Tese:

  
\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Arai Augusta Bernárdez Pécora  
Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Prof. Dr. Flávio Vasconcelos da Silva  
Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Kamal Abdel Radi Ismail  
Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas

Campinas, 17 de dezembro de 2014.



## **Agradecimentos**

Agradeço ao meu Deus e aos seus anjos de Luz, aos meus sagrados Orixás, aos chefes de Falanges e seus comandados, aos meus guias e protetores e aos meus antepassados, por chegar ao fim de mais esta missão, melhor do que quando comecei. No plano físico, divido esta conquista com os corações amados de minha esposa e meu filho, meus pais e irmãs e amigos. Agradeço à UNICAMP por me permitir alcançar este sonho, através de seu programa de mestrado e de a minha orientadora, Professora Doutora Arai, que confiou em mim. À Volkswagen do Brasil, que financiou meu projeto e em especial meu chefe, orientador e amigo, Roger T. G. Guilherme. Quão abençoado sou por conviver com vocês. Oro à Deus em agradecimento. Espero que esta conquista sirva de inspiração, motivando o indeciso e inspirando o sonhador. Com fé, força de vontade e coragem não há limite para a materialização de um sonho.

*Memória*

*Amar o perdido  
deixa confundido  
este coração*

*Nada pode o olvido  
contra o sem sentido  
apelo do Não*

*As coisas tangíveis  
tornam-se insensíveis  
à palma da mão*

*Mas as coisas fíndas,  
muito mais que lindas,  
essas ficarão*

*Carlos Drummond de Andrade*

## Resumo

As políticas de redução de consumo de combustíveis e de preservação ambiental e em contrapartida os recentes aumentos da frota veicular no Brasil, especialmente dos veículos equipados com sistema de ar condicionado, demandam estudos de gerenciamento térmico de motores a combustão interna visando melhorias no projeto do sistema de ar condicionado veicular (ACV) e a redução do consumo de combustível. Esta dissertação de mestrado apresenta o projeto, a construção e a validação de uma bancada para simulação do ACV. Neste sistema, o compressor do ciclo de resfriamento por compressão de vapor é acionado por um motor de combustão interna instalado em um banco dinamométrico. A simulação de diferentes condições operacionais do sistema de ACV ocorre por meio do controle de três parâmetros: (1) controle da rotação do compressor, que é acionado pelo motor de combustão interna no banco dinamométrico; (2) controle da carga térmica, por meio da variação da temperatura, da vazão e da umidade relativa do ar que atravessa o evaporador; (3) controle da pressão de condensação por meio da variação da vazão de ar que atravessa o condensador. As curvas características do motor de combustão interna (torque, potência e consumo de combustível) em função de sua rotação são comparadas em duas situações: (i) compressor do ciclo de resfriamento ligado e (ii) compressor desligado. A análise foi realizada em condições operacionais controladas e simuladas na bancada desenvolvida. Os resultados dos testes permitiram avaliar a influência do funcionamento do ciclo de resfriamento sobre as principais características do motor de combustão interna e sobre o consumo de combustível. Esta avaliação permitiu o levantamento de dados importantes para a determinação da melhor relação entre o consumo de combustível e o conforto térmico dos passageiros do veículo, contribuindo para o desenvolvimento tecnológico na área.

*Palavras-chave: Ciclo de resfriamento por compressão de vapor, veículos automotores, dinamômetro, análise experimental, redução do consumo de combustível.*

## Abstract

The politics of fuel consumption reduction and environmental preservation, in contrast with a recent increment of vehicular fleet in Brazil, particularly for vehicles equipped with an air conditioning system, demand for studies of thermal management of internal combustion engines, aiming to design improvements to the vehicular air conditioning system (VAC) and the reduction of fuel consumption. The present research shows the design, construction and validation of a test bench in order to simulate a vehicular air conditioning system. Focusing on the necessary power consumption to produce cooling in a VAC, such power is consumed by a vapor compression cycle which uses a compressor to compress the refrigerant gas; this compressor is assembled on an internal combustion engine installed on a dynamometer test bench. The simulation occurred at controlled engine conditions and properties of the blown air in the heat exchangers (evaporator and condenser). Three parameters were used to maintain the test stable: (1) the compressor speed which is driven by engine; (2) the temperature, the mass flow rate and the relative humidity of the intake air which flows through the evaporator; (3) the condensing pressure which is controlled by the variation of the mass flow rate which passes through the condenser. Thus the characteristic curves of the internal combustion engine (torque, power and fuel consumption) were obtained in controlled conditions in function of the engine speed with the compressor turned on and off. The tests allowed assessing the ACV performance at different operational conditions and its influence on the main characteristics of the internal combustion engine and on the fuel consumption. This kind of analysis has proven to be important in determining the best relationship between the fuel consumption and thermal comfort to vehicle's passengers and for technological development of this area.

*Key-words: vapor compression cycle, automotive vehicles, dynamometer, experimental analysis, fuel consumption reduction.*

## Lista de Ilustrações

1.1	Produção anual de combustível e veículos leves (ANFAVEA, 2012; ANP, 2012).	1
1.2	Consumo de combustível por sistemas de ar condicionado nos EUA (JOHNSON, 2002)	2
2.1	Manual de manutenção do sistema de AC do Pontiac ( <a href="http://www.popscreen.com/p/MTAxNDk2MzI4/Amazoncom-1954-Lincoln-Air-Conditioning-Repair-Shop-Manual-Original">http://www.popscreen.com/p/MTAxNDk2MzI4/Amazoncom-1954-Lincoln-Air-Conditioning-Repair-Shop-Manual-Original</a> )	8
2.2	Curvas de conforto (VW Audi - SSP 208, 2008).	9
2.3	Ciclo de refrigeração automotivo	10
2.4	Ciclo padrão de compressão de vapor	11
2.5	Ciclo de AC com válvula de expansão termostática (SOARES, 2009)	12
2.6	Ciclo de AC com tubo capilar (SOARES, 2009)	12
2.7	Válvula de expansão termostática veicular (VW Audi - SSP 208, 2008) (a) fotografia, (b) vista em corte	13
2.8	Compressor convencional de pistão radial, com curso fixo ( <a href="http://www.powershow.com/view/13f94d-NjUzZ/Mobile_Air_Conditioning_powerpoint_ppt_presentation">http://www.powershow.com/view/13f94d-NjUzZ/Mobile_Air_Conditioning_powerpoint_ppt_presentation</a> )	14
2.9	Compressor de pistão Scotch Yoke, com curso fixo ( <a href="http://www.powershow.com/view/13f94d-NjUzZ/Mobile_Air_Conditioning_powerpoint_ppt_presentation">http://www.powershow.com/view/13f94d-NjUzZ/Mobile_Air_Conditioning_powerpoint_ppt_presentation</a> )	14
2.10	Compressor de pistão wobble-plate, com curso variável ( <a href="http://www.powershow.com/view/13f94d-NjUzZ/Mobile_Air_Conditioning_powerpoint_ppt_presentation">http://www.powershow.com/view/13f94d-NjUzZ/Mobile_Air_Conditioning_powerpoint_ppt_presentation</a> )	15
2.11	Compressor de pistão swash-plate, com curso variável (VW e AUDI – SSP 208, 2008)	16
2.12	Compressor de palheta ( <a href="http://www.powershow.com/view/13f94d-NjUzZ/Mobile_Air_Conditioning_powerpoint_ppt_presentation">http://www.powershow.com/view/13f94d-NjUzZ/Mobile_Air_Conditioning_powerpoint_ppt_presentation</a> )	17
2.13	Compressor scroll ( <a href="http://www.powershow.com/view/13f94d-NjUzZ/Mobile_Air_Conditioning_powerpoint_ppt_presentation">http://www.powershow.com/view/13f94d-NjUzZ/Mobile_Air_Conditioning_powerpoint_ppt_presentation</a> )	17
2.14	Comportamento da válvula com o aumento de carga térmica (SOARES, 2009)	18
2.15	Comportamento da válvula com a diminuição da carga térmica (SOARES, 2009)	19

## Lista de Ilustrações

2.16	Tipos de condensadores para veículos ( <a href="http://www.powershow.com/view/13f94d-NjUzZ/Mobile_Air_Conditioning_powerpoint_ppt_presentation">http://www.powershow.com/view/13f94d-NjUzZ/Mobile_Air_Conditioning_powerpoint_ppt_presentation</a> )	20
2.17	Condensador de serpentina com fluxo cruzado ( <a href="http://www.powershow.com/view/13f94d-NjUzZ/Mobile_Air_Conditioning_powerpoint_ppt_presentation">http://www.powershow.com/view/13f94d-NjUzZ/Mobile_Air_Conditioning_powerpoint_ppt_presentation</a> )	21
2.18	Condensadores de fluxo paralelo ( <a href="http://www.powershow.com/view/13f94d-NjUzZ/Mobile_Air_Conditioning_powerpoint_ppt_presentation">http://www.powershow.com/view/13f94d-NjUzZ/Mobile_Air_Conditioning_powerpoint_ppt_presentation</a> )	21
2.19	Disposição da ventoinha no sistema de arrefecimento ( <a href="http://www.powershow.com/view/13f94d-NjUzZ/Mobile_Air_Conditioning_powerpoint_ppt_presentation">http://www.powershow.com/view/13f94d-NjUzZ/Mobile_Air_Conditioning_powerpoint_ppt_presentation</a> )	21
2.20	Condensador com sistema de sub-resfriamento (PETROSKI, 2005)	22
2.21	Evaporador automotivo ( <a href="http://www.powershow.com/view/13f94d-NjUzZ/Mobile_Air_Conditioning_powerpoint_ppt_presentation">http://www.powershow.com/view/13f94d-NjUzZ/Mobile_Air_Conditioning_powerpoint_ppt_presentation</a> )	23
2.22	Interior da caixa de distribuição de ar automotivo ( <a href="http://k2arcondicionado.com.br/article/instalacao-ar-condicionado-automotivo-pecas.html">http://k2arcondicionado.com.br/article/instalacao-ar-condicionado-automotivo-pecas.html</a> )	23
2.23	Caixa de distribuição de ar (VW, 2013)	24
2.24	– Representação das diferenças de temperatura no evaporador.	25
2.25	Interior do filtro secador ( <a href="http://www.powershow.com/view/13f94d-NjUzZ/Mobile_Air_Conditioning_powerpoint_ppt_presentation">http://www.powershow.com/view/13f94d-NjUzZ/Mobile_Air_Conditioning_powerpoint_ppt_presentation</a> )	30
2.26	Esquema do ciclo de ar condicionado com motor de combustão interna	30
2.27	Volume de controle ao redor do ciclo de ar condicionado automotivo	32
2.28	Diagrama P-h DuPont (2205) para o ciclo padrão de resfriamento por compressão de vapor.	34
2.29	Esquema de processo de resfriamento com desumidificação. (a) equipamento e (b) linha de processo no diagrama psicrométrico.	36
2.30	Esquema do ciclo de resfriamento por compressão de vapor do sistema de ACV (QUIM, 2007)	36
2.31	Esquema do processo de aquecimento sensível (a) equipamento, (b) linha de processo no diagrama psicrométrico.	

## Lista de Ilustrações

	372.32
Aquecimento do sistema de AC veicular (QUIM, 2007)	38
2.33 Saturador adiabático (a) esquema do equipamento, (b) linha de processo no diagrama psicrométrico.	38
2.34 Processo psicrométrico de umidificação com evaporação total (a) equipamento, (b) linha de processo no diagrama psicrométrico.	39
2.35 Esquema de mistura de duas correntes (a) Processo de misturas, (b) linha de processo no diagrama psicrométrico	41
2.36 Processo psicrométrico que ocorre dentro da caixa de ar do veículo.	41
2.37 Experimento proposto para simular o sistema de ACV (JABARDO <i>et al.</i> , 2002)	42
2.38 Comportamento da capacidade de resfriamento do COP (a) e da vazão mássica (b) em função da rotação (JABARDO, 2002).	43
2.39 Vista esquemática geral de montagem do aparato experimental automotivo, (DÍAZ, 2002)	44
2.40 Vista geral da bancada de Condicionamento de Ar Automotivo (DÍAZ, 2002).	44
2.41 Avaliação de vazão mássica de gás refrigerante (a) de capacidade de resfriamento (b) de potência no compressor (c) e do COP do sistema de AVC em função da rotação , para determinação da carga de gás mais adequada para o ciclo de resfriamento por compressão de vapor, (DÍAZ, 2002).	45
2.42 Experimento para simular o sistema ACV (XUQUAM <i>et al.</i> , 2003)	46
2.43 Temperatura do ar insuflado nos difusores do painel (XUQUAM <i>et al.</i> , 2003)	47
2.44 Bancada de teste do sistema de ACV (KAYNAKLI e HORUZ, 2003)	48
2.45 Gráficos das características do sistema de ACV em função da rotação avaliados por Kaynakli e Horus (2003).	48
2.46 Bancada de teste do sistema de ACV (PETROSKI, 2005)	49
2.47 Comportamento do sistema de ar condicionado avaliado por Petroski, (2005).	50
2.48 Bancada para teste do sistema de ACV (BENOALI e CLODIC, 2005)	51

## Lista de Ilustrações

2.49	Veículo instrumentado em uma câmara climatizada com dinamômetro,(MOURA, 2007)	52
3.1	Esquema da distribuição dos elementos dentro da cabine do dinamômetro	55
3.2	Dinamômetro de 130 kW	56
3.3	Balança gravimétrica	56
3.4	Motor instalado no banco dinamométrico	57
3.5	Compressor do sistema de ACV instalado no motor a combustão	57
3.6	Esquema do módulo evaporador	61
3.7	Bocal de insuflamento de ar e anemômetro de fio quente	63
3.8	Psicrômetro RHT 323 da Novus	63
3.9	Disposição inicial dos componentes do módulo evaporador	67
3.10	Dados do ventilados do sistema de ventilação do módulo evaporador	68
3.11	Instrumentação de controle de ventilação da bancada de teste.	69
3.12	Carta psicrométrica para 750m acima do nível do mar, referência para a cidade de São Paulo (Pinheiro, 2011)	71
3.13	Tela de entrada de dados para escolha do compressor (RS +3, 2012)	72
3.14	Diagrama P-H do sistema de desumidificação	73
3.15	Vista em corte do evaporador do sistema de desumidificação	74
3.16	Tubulação da unidade de condensação até a válvula de expansão	75
3.17	Psicrômetro instalado na admissão de ar do Módulo Evaporador	76
3.18	Sistema de desumidificação do Módulo Evaporador	77
3.19	Processo psicrométrico de aquecimento, Pinheiro (2011)	77
3.20	Esquema do banco de resistências	78
3.21	Caixa de resistências da bancada	78
3.22	Esquema do circuito de umidificação	81
3.23	Esquema de operação do tanque de umidificação	82
3.24	Bico injetor de água do sistema de umidificação	83
3.25	Ar passando pelo sistema de umidificação	84



## Lista de Ilustrações

3.26	Esquema do Módulo Condensador	85
3.27	Simulação de CFD para determinação da vazão de ar que passa pelo condensador.	87
3.28	Dinamômetro de chassi ( <a href="http://www.caranddriver.com/features/going-nowhere-fast-the-chassis-dynamometers-rise-to-crucial-development-tool-feature">http://www.caranddriver.com/features/going-nowhere-fast-the-chassis-dynamometers-rise-to-crucial-development-tool-feature</a> )	89
3.29	Componentes da força de tração (DIAS, 2011)	90
3.30	Veículo instalado em túnel de vento ( <a href="http://www.worldcarfans.com/110100328793/uwe-gemballa-found-dead-in-south-africa/highphotos#11">http://www.worldcarfans.com/110100328793/uwe-gemballa-found-dead-in-south-africa/highphotos#11</a> )	91
3.31	Túnel de vento (QUIM, 2007)	92
3.32	Condições de teste	94
3.33	Medição de vazão de refrigerante no sistema de ACV	98
4.1	Esquema de montagem dos Módulos Evaporador e Condensador no dinamômetro.	101
4.2	Distribuição dos equipamentos dentro da cabine	102
4.3	Projeto 3D do Módulo Evaporador	107
4.4	Modelo 3D do Módulo Condensador	108
4.5	Montagem do condensador no Módulo Condensador	108
4.6	Interface de comunicação dentro da cabine.	109
4.7	Tela do programa de controle da bancada.	110
4.8	Tela inicial de controle	111
4.9	Tela de acesso aos subprogramas de controle.	111
4.10	Tela de controle dos motores de passo	112
4.11	Tela de monitoramento do funcionamento da unidade de condensação do sistema de refrigeração e desumidificação	113
4.12	Tela de controle do módulo evaporador	114
4.13	Tela de controle da bomba d'água do sistema de umidificação	114
4.14	Tela de monitoramento das temperaturas	115
4.15	Tela de monitoramento das pressões	116
4.16	Tela de controle do Módulo Condensador	116
4.17	Tela de acionamento do sistema de ACV	117

## Lista de Ilustrações

4.18	Tela principal de controle da Bancada do sistema de ACV	118
4.19	Monitoramento de funcionamento do ventilador	119
4.20	Ventilador e medidor de vazão	120
4.21	Monitoramento de funcionamento do sistema aquecedor	120
4.22	Caixa de Resistências	121
4.23	Tela de monitoramento da unidade de condensação do sistema de desumidificação	121
4.24	Unidade de condensação e termopar de controle	122
4.25	Tela de Monitoramento do sistema de umidificação	122
4.26	Tanque de umidificação	123
4.27	Válvula solenoide	123
4.28	Tela de Monitoramento do ciclo de compressão de vapor do sistema de ACV	124
4.29	Instrumentação do ponto 1	125
4.30	Instrumentação do ponto 2	125
4.31	Instrumentação do ponto 4	125
4.32	Diagrama P-H do ciclo de compressão de vapor	126
4.33	Painel do eletroeletrônico	127
4.34	Painel do C-DAQ	127
4.35	Painel do Módulo Condensador	128
4.36	Comparação entre análises	132
4.37	Comparação de vazão entre modelos	132
4.38	Comparação de vazão de refrigerante	133
4.39	Comparação entre potências no eixo do compressor	134
4.40	Comparação entre calores trocados no evaporador	134
4.41	Comparação entre COPs	135
4.42	Comparação entre COPs	135
4.43	Comparação entre pressões no evaporador	136
4.44	Comparação entre calores rejeitados no evaporador	136
4.45	Comparação de potência no eixo do compressor	137

## **Lista de Ilustrações**

4.46	Comparação de calor rejeitados no evaporador	138
4.47	Comparação entre potência no compressor do ciclo de ACV	139
4.48	Comportamento geral dos parâmetros do ciclo	140
4.49	Comparação entre as temperaturas de operação no ciclo de ACV	140
4.50	Medição do sistema de ar condicionado em túnel de vento	141
4.51	Reprodução em bancada do comportamento do sistema de ACV do teste veicular realizado em túnel de vento	142
4.52	Resultado do teste de variação da pressão de condensação	143
4.53	Curvas características do motor a combustão a 50% de carga	144
4.54	Curvas características do motor a combustão a plena carga	145
4.55	Consumo em função da localidade	146
4.56	Gráfico do COP em função da rotação do motor	147

## Lista de Tabelas

2.1	Distribuição de temperaturas no interior do veículo (VW Audi - SSP 208, 2008)	9
2.2	Resultados dos testes de consumo de combustível (km/litro) (MOURA, 2007)	53
3.1	Condições climáticas utilizadas como modelos a serem simulados, <a href="http://www.climatempo.com.br/">http://www.climatempo.com.br/</a>	58
3.2	Perdas de carga nas tubulações de ar da bancada de teste	66
4.1	Principais componentes do sistema de ventilação do módulo evaporador	103
4.2	Instrumentos de medição utilizados na bancada de teste	104
4.3	Meios de aquisição e controle de dados	105
4.4	Principais variáveis estimadas	106
4.5	Comparação entre o teste veicular realizado em túnel de vento e a bancada	130
4.6	Valores comparativos utilizados para configuração da bancada do sistema de ACV	131
4.7	Configuração do experimento de Petroski (2005)	137
4.8	Valores obtidos do experimento de Petroski (2005)	138

## Lista de Abreviaturas e Siglas

### *Letras latinas*

A	Área transversal?	[m <sup>2</sup> ]
D	Diâmetro	[mm]
e	Taxa de transferência de energia específica	[kW/kg]
E	Taxa de transferência de energia	[kW]
g	Aceleração da gravidade	[m/s <sup>2</sup> ]
h	Entalpia específica	[kJ/kg]
H	Entalpia	[kJ]
hc	Coeficiente de transferência de calor por convecção	[kW/(m <sup>2</sup> .K)]
k	Condutividade térmica	[kW/(m.K)]
L	Comprimento da tubulação	[m]
M	Massa molecular	[kg/kmol]
$\dot{m}$	Vazão mássica	[kg/s]
n	rotação	[rpm]
N	Unidades	-
P	Pressão	[bar]
$\dot{Q}$	Taxa de transferência de calor	[kW]
s	Entropia específica	[kJ/(kg.K)]
S	Entropia	[kJ/K]
T	Temperatura	[K]
t	Tempo	[s]
U	Coeficiente global de transferência de calor	[kW/(m <sup>2</sup> .K)]
u	Velocidade média	[m/s]
u*	Velocidade máxima	[m/s]
v	Volume específico	[m <sup>3</sup> /kg]
V	Volume	[m <sup>3</sup> ]

$\dot{W}$	Potência Mecânica	[kW]
$Z$	Altura manométrica	[m]
$z$	Perda de carga	[Pa]

### ***Letras gregas***

$\beta$	Coeficiente de expansão volumétrica	-
$\Delta TLM$	Diferença média logarítmica de temperatura	[K]
$\eta$	Rendimento	[%]
$\mu$	Viscosidade dinâmica	[kg/(m.s)]
$\nu$	Viscosidade cinemática	[m²/s]
$\rho$	Massa específica	[kg/m³]
$T$	Torque	[Nm]
$\phi$	Umidade relativa do ar	[%]
$\omega$	Razão de umidade do ar	[kg de vapor/kg ar seco]

### ***Adimensionais***

COP	Coeficiente de desempenho do ciclo
$f$	Fator de atrito
$F$	Coeficiente de potência do combustível
$Gr$	Número de Grashoff
$K$	Fator de perda de carga nas singularidades
$Nu$	Número de Nusselt
$PC$	Poder calorífico inferior
$Pr$	Número de Prandtl
$Ra$	Número de Rayleigh
$Re$	Número de Reynolds
$x$	Título
$y$	Fração molar

### ***Subscritos***

0	inicial;
a	Ar seco
AC_OFF	Sistema de ar condicionado desligado;
AC_ON	Sistema de ar condicionado ligado;
ag	água;
b	bocal;
c	cinética;
C	Fonte fria;
cd	condensador;
cp	compressor;
d	tubulação;
e	externo;
et	eixo da transmissão;
ev	evaporador;
fuel	combustível;
g	gás;
H	Fonte quente;
h	hidráulico;
I	ideal;
i	interno;
in	entrada;
m	motor;
n	repetições;
out	saída
po	potencial;
R	real;
ret	retorno
s	singularidade;
t	quantidade máxima;

v vapor;  
 $\infty$  ambiente;

### ***Siglas***

ACV	Ar condicionado veicular;
ANFAVEA	Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores;
ANP	Agência Nacional do Petróleo.
CFC	Cloroflúorcarbono;
EUA	Estados Unidos da América;
FENABRAVE	Federação Nacional da Distribuição de Veículos Automotores;
IPI	Imposto sobre Produtos Industrializados;
SVS	Secretaria de vigilância e saúde.
CLP	Controlador Lógico Programável.
PID	Proporcional Integral derivativo.



# SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Hipóteses	3
1.2 Justificativa	3
1.3 Objetivo	4
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO DA LITERATURA	6
2.1. Fundamentação Teórica	6
2.1.1 Evolução da refrigeração e dos sistemas de ar condicionado veiculares	6
2.1.2 Características dos ciclos de resfriamento automotivo	8
2.1.3 Análise energética de ciclos de resfriamento por compressão de vapor	30
2.1.4 Processos psicrométricos	33
2.2 Revisão Bibliográfica	42
2.2.1 Jabarbo et al. (2002)	42
2.2.2 Díaz (2002)	43
2.2.3 Xuquam et al. (2003)	45
2.2.4 Kaynakli e Horuz (2003)	47
2.2.5 Petroski (2005)	49
2.2.6 Benouali e Clodic (2005)	50
2.2.7 Moura (2007)	52
2.2.8 Análise da revisão da literatura	53
3. DIMENSIONAMENTO DOS COMPONENTES DA BANCADA DE TESTE PARA VERIFICAÇÃO DO SISTEMA DE AR CONDICIONADO VEICULAR	55
3.1 Disposição dos componentes do sistema experimental	55

3.1.1 Meios auxiliares de medição disponíveis na cabine dinamométrica	56
3.2 Condições climáticas inicialmente desejadas	58
3.3 Hipóteses adotadas no dimensionamento da bancada	59
3.3.1 Módulo Evaporador	60
3.3.2 Módulo Condensador	85
3.4 Método de verificação dos dados experimentais da bancada de testes do sistema de ACV	88
3.5 Análise energética do conjunto motor e compressor	93
3.5.1 Análise da eficiência do ciclo de compressão de vapor	94
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	100
4.1 Projeto da Bancada	100
4.1.1 Sumário do Dimensionamento dos Sistemas da Bancada	102
4.1.2 Desenhos dos Módulos	107
4.1.3 Programas de controle da bancada	109
4.1.4 Painéis elétricos	126
4.2- Verificação da funcionalidade da bancada	129
4.2.1 Comparações com resultados experimentais da literatura	130
4.2.2 Testes comparativos do comportamento do sistema de ACV em diferentes rotações do motor a combustão interna no veículo	141
4.2.3 Resultados da influência do sistema de ar condicionado sobre o funcionamento do motor a combustão	142
4.2.4 Análise das curvas de operação do motor no dinamômetro com o compressor acionado e sem acionamento	144
4.2.5 Análise termodinâmica	146
5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA PRÓXIMOS TRABALHOS	148

5.1 Projeto da bancada para testes do sistema de ACV	148
5.1.1 Módulo Evaporador	149
5.1.2 Módulo Condensador	149
5.1.3 Automação da Bancada de teste	150
5.2 Avaliação geral	150
5.3 Sugestões para próximos trabalhos	151
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	155
ANEXO A - Tabela com Dados da ANFAVEA	157
ANEXO B – Tabelas da ANP	158
ANEXO C – Psicrômetro	159
ANEXO D – Curvas características do ventilador	160
ANEXO E – Medidor de vazão tipo turbina	161
ANEXO F – Transdutor de pressão	162
ANEXO G – Inversor de Frequência	163
ANEXO H – CLP	164
ANEXO I: Códigos do fornecedor Danfoss para seleção da unidade de condensação	165
ANEXO J – Conversor de sinal TX-BLOCK	166
ANEXO K – Relês de estado sólido	168
ANEXO L – Medição para validação do sistema de ACV em túnel de Vento	169
ANEXO M – Bomba d'água	170
ANEXO N – Válvula gaveta	172
ANEXO O – Conjunto moto-redutor	173
ANEXO P – Driver do motor de passo	175
ANEXO Q – Termopares	176

ANEXO R – Airgate	177
ANEXO S – Digirail	178
ANEXO T – cDAQ	180
ANEXO U – Módulo de Termopar – NI 9213 180	182
ANEXO V – Módulo de Corrente – NI 9203	183
Anexo W – Manual de transdutor de pressão HUBA – 510	184
ANEXO X – Módulo de Entrada Digital – NI 9411	186
ANEXO Y – Resistências Elétricas TecnoCanto	188
ANEXO Z – Sensor de Nível	189
APÊNDICE A – Módulo Evaporador	190
APÊNDICE B – Módulo Condensador	241

# 1. INTRODUÇÃO

Este capítulo tem a finalidade de apresentar as motivações, hipóteses, justificativas e objetivos de se construir uma bancada para testar o sistema de ar condicionado veicular. A quantificação dos parâmetros e o controle das condições de teste representam importante contribuição no estudo de redução do consumo de combustível, conforme discutidos nos trabalhos de Bharathan *et al.* (2007) e Johnson (2002).

O apelo ambiental e a redução das reservas de combustíveis fósseis geraram nos últimos anos uma política global de redução de consumo de combustíveis, e o consequente aumento da eficiência energética de equipamentos e processos. Essa preocupação está entre as mais citadas pela mídia mundial, onde governos e empresas estão incentivando a pesquisa e o desenvolvimento de novas tecnologias para a economia do consumo de energia.

Nos últimos anos, no entanto, devido principalmente ao aumento da produção de automóveis no Brasil, a produção de combustíveis apresentou um aumento substancial, conforme pode ser observado na Fig. 1.1 (ANFAVEA, 2012; ANP, 2012). Os dados utilizados para a construção da Fig. 1.1 estão mostrados no Anexo A e B.

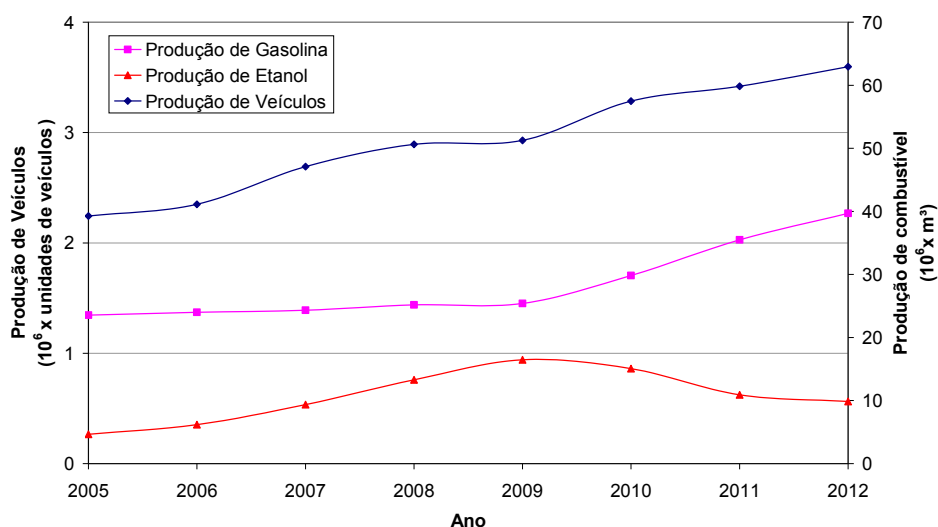


Figura 1.1 – Produção anual de combustível e veículos leves (ANFAVEA, 2012; ANP, 2012)

O desenvolvimento econômico é o grande responsável por estes resultados, justificado por fatores como: aumento de renda per capita, aumento da população pertencente à classe média e redução de IPI para veículos (<http://www.webarcondicionado.com.br/cresce-venda-veiculos-ar>).

Nesse cenário, a produção de veículos com ar condicionado cresceu de 47%, em 2006, para cerca de 80% em 2012 (<http://www.webarcondicionado.com.br/cresce-venda-veiculos-ar>). A história mostra que a melhoria de renda da população está diretamente ligada à busca por conforto. Neste contexto, a busca por conforto térmico em veículos representa uma parcela significativa do consumo de combustíveis, uma vez que o compressor do ciclo de condicionamento do ar é acionado pelo motor de combustão interna do próprio veículo.

Estudos apontam que o sistema de ar condicionado veicular é responsável por aumentar em cerca de 20% o consumo de combustível, nos EUA (BHARATHAN *et al.*, 2007). Os autores comentaram que a parcela de combustível consumida, devido ao uso do sistema de ar condicionado em veículos de passeio, chegou a 7 bilhões de galões por ano em 2007.

Esse valor foi estimado entre 2,6 e 9,2 bilhões de litros por ano em trabalho publicado em 2002, conforme pode ser observado na Fig. 1.2 (JOHNSON, 2002).

Conforme Johnson, 2002, cerca de 90% da frota americana possui ar-condicionado.

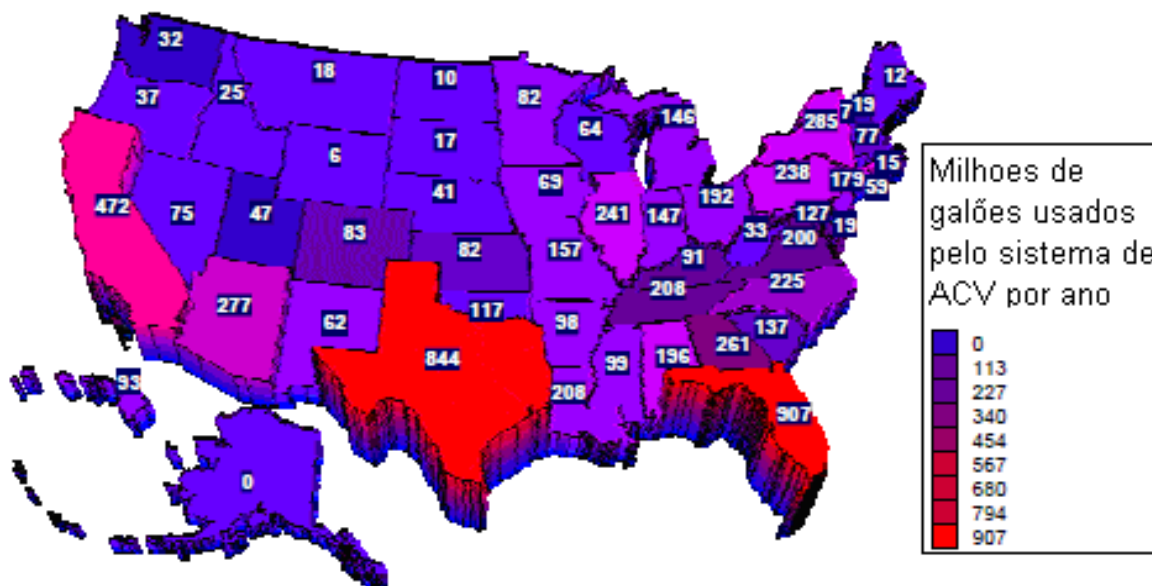


Figura 1.2 - Consumo de combustível por sistema de ar condicionado nos EUA (JOHNSON, 2002)

Nota-se que em estados onde a média anual de temperatura é mais alta, como ocorre nos estados do Texas e da Flórida, o consumo de combustível, em 2002, foi de 844 e 907 milhões de galões, respectivamente, este consumo é superior à média dos outros estados refletindo a influência das condições ambientais sobre o consumo de combustível.

## **1.1 Hipóteses**

Dentro deste contexto serão consideradas as seguintes hipóteses:

- 1- A utilização do sistema de ACV aumenta o consumo de combustíveis;
- 2- A comparação entre os consumos de combustível por um motor a combustão interna veicular em experimentos com o sistema de ACV acionado e com o sistema de ACV desligado permite mensurar o consumo de combustível devido ao acionamento do ar condicionado;
- 3- É possível simular diferentes condições climáticas de operação atuando sobre o sistema de ACV através da construção de uma bancada composta, por meio do controle da troca de calor nos trocadores de calor do ciclo de compressão de vapor do sistema de ACV;
- 4- É possível avaliar a influência de diferentes condições climáticas sobre o funcionamento do sistema de ACV através da realização de testes experimentais na bancada desenvolvida.

## **1.2 Justificativa**

A construção de uma bancada de teste capaz de avaliar a influência da carga térmica sobre o consumo de combustível, pode contribuir significativamente para a otimização do consumo de combustível por veículos no Brasil, país de grande extensão territorial, onde há desde o clima temperado no extremo sul do país, até o clima equatorial no extremo norte. O desempenho do sistema de ACV e o consequente consumo de combustível são afetados pelas propriedades do ar incidindo sobre o evaporador e sobre o condensador.

Estudos dos efeitos da utilização do ciclo de ar condicionado veicular sobre o funcionamento de um motor a combustão interna fazem parte do gerenciamento térmico do motor e sistemas agregados.

O ar condicionado veicular é um item de conforto, que não irá desaparecer com o advento de novas tecnologias de locomoção, tais como as encontradas em veículos híbridos e elétricos. Ao contrário, o sistema de ACV terá que ser aperfeiçoado e seus conceitos revistos, de modo a que seja adaptado à nova realidade. Um exemplo desse fato é encontrado na aplicação de motores elétricos para acionar o compressor do sistema de ar condicionado.

A necessidade da existência de meios para avaliar e quantificar os parâmetros de desempenho de veículos é de vital importância para implantação de novas tecnologias, onde se busca o equilíbrio entre mobilidade e conforto térmico tornando o produto (veículo) atrativo a seus compradores.

A construção de uma bancada para teste dinamométrico que permita a análise comparativa do consumo de combustível com o sistema de ACV ligado e desligado é novidade e permite a obtenção de resultados de grande interesse industrial.

### **1.3 Objetivo**

O objetivo principal deste trabalho é projetar e construir uma bancada para simulação da influência da carga térmica no sistema de ar condicionado veicular, sobre o funcionamento do motor a combustão do veículo.

Essa influência pode ser sentida pelos usuários de veículos no consumo de combustível, no torque, na potência do motor e no conforto térmico dentro da cabine. A quantificação destes parâmetros faz parte do objetivo deste trabalho.

Como objetivos específicos para a construção da bancada para simulação do sistema de ar condicionado as seguintes premissas de projeto foram estabelecidas:

1. Bancada deve permitir a quantificação das principais características do motor (torque, potência e consumo de combustível) e do sistema de ar condicionado;



2. Ensaios devem apresentar repetitividade em análises realizadas em regime permanente de operação;
3. Bancada deve permitir estudos de melhoria de desempenho do motor e do sistema de ar-condicionado;
4. Bancada deve permitir testes de durabilidade dos componentes do sistema de ACV;
5. Desenvolvimento de método padronizado para análise do sistema de ACV e de seus principais componentes individualmente.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO DA LITERATURA**

Este capítulo é dedicado a apresentar a evolução do sistema de refrigeração veicular, as características do ciclo de resfriamento por compressão de vapor em veículos, conceitos termodinâmicos envolvidos na análise do ciclo, conceitos fundamentais da mecânica dos fluidos e da transferência de calor utilizados para a construção da bancada e levantamento da literatura envolvendo sistemas desenvolvidos para estudos do sistema de ACV.

### **2.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

#### **2.1.1 Evolução da refrigeração e dos sistemas de ar condicionado veiculares**

A conservação e transporte de alimentos sempre foi um desafio aos seres humanos, desde tempos remotos, o comércio de bens e produtos depende desses fatores. Antes do surgimento da refrigeração, a conservação de alimentos era feita quimicamente, com a utilização do sal de cozinha, de óleos vegetais e da gordura animal, este modo de lidar com os alimentos permitiu que a comercialização ocorresse a grandes distâncias da origem do produto, fato que afetou o curso da história.

Em 1607, com Francis Bacon ou Visconde de Saint Alban, filósofo e político inglês, ocorreu o primeiro estudo da conservação de alimentos através da refrigeração, com sua famosa experiência de observar a conservação de galinhas enterradas em terrenos congelados (SOARES 2009).

Em 1683 o cientista holandês Anton Van Leeuwenhoek, especialista na construção de microscópios, constatou que microrganismos não eram completamente destruídos pela refrigeração, mas sua capacidade metabólica de proliferação era reduzida a temperaturas abaixo dos +10°C. Esta constatação viabilizou a construção de dispositivos que refrigeram alimentos (SVS 2002).

A primeira patente de um equipamento para geração de gelo foi de autoria de Jacob Perkins em 1834, no entanto, o primeiro equipamento só foi realmente construído entre 1856 e 1857, pelo escocês James Harrison (SOARES 2009).

No início do século XIX surgiram as primeiras “geladeiras” – apenas um recipiente isolado por meio de placas de cortiça, onde eram colocadas pedras de gelo. Essa geladeira ganhou ares domésticos em 1913 (SVS, 2002).

Em 1918 a empresa Kelvinator criou o primeiro refrigerador elétrico residencial chamado “Frigidaire”. A partir de 1926 ocorreu a concepção do compressor hermético e desde então a refrigeração está presente na maioria dos lares do mundo inteiro (SVS, 2002).

A descoberta do ciclo de resfriamento por compressão de vapor e o desenvolvimento da máquina frigorífica abriram o caminho para o uso prático do ar condicionado. O primeiro equipamento de ar condicionado foi criado e patenteado em 1897 por Joseph McCreary nos EUA. Seu sistema foi denominado lavador de ar, sendo do tipo evaporativo (SOARES, 2009).

O norte-americano Willys Haviland Carrier inventou em 1902 o processo mecânico para condicionamento de ar, tornando realidade o controle de condições ambientais. Sua aplicação ajudou a indústria gráfica nos trabalhos de impressão durante os meses quentes e úmidos de verão nova-iorquino, quando o papel absorvia a umidade do ar e se dilatava, além disso, também as cores impressas em dias úmidos não se alinhavam, gerando imagens borradas e obscuras (<http://www.carrier.com/carrier/en/br/about/history/>). Carrier acreditava que poderia retirar a umidade da fábrica através do resfriamento do ar, sua ideia levou ao surgimento dos ciclos de resfriamento difundidos posteriormente, para residências e meios de transporte. Carrier foi responsável pela implementação de sistemas de ar condicionado nos vagões da ferrovia B&O, considerados os primeiros veículos de passageiros a possuírem condicionadores de ar, em 1930.

O uso do ar-condicionado em automóveis surgiu na década de 1930. O primeiro ar-condicionado não era muito prático, ocupava todo o porta-malas do carro e não tinha regulagem de temperatura. Se esfriasse demais, a única atitude do motorista seria desligá-lo. Outra curiosidade era o alto preço, equivalente a um quarto do valor do carro.

O primeiro carro a oferecer o equipamento como opcional foi o Packard 1939, fabricado nos Estados Unidos. Os primeiros veículos de montadora com ar condicionado de série foi o Pontiac 1954 (SOARES, 2009).

A capa do manual de manutenção do Pontiac 1954 pode ser visto na Fig. 2.1.



Figura 2.1 - Manual de manutenção do sistema de AC do Pontiac  
(<http://www.popscreen.com/p/MTAxNDk2MzI4/Amazoncom-1954-Lincoln-Air-Conditioning-Repair-Shop-Manual-Original>)

Na atualidade o sistema de ar condicionado representa em torno de 6% do preço do veículo, tornando-se acessível e desejado pela maioria das pessoas que procura investir em um carro novo.

Em veículos onde o luxo e a sofisticação fazem parte do chamariz de vendas, o emprego da eletrônica de controle é mais intenso, com o emprego de válvulas eletrônicas (termostática e de controle) e caixas de distribuição de ar automatizadas.

A tecnologia embarcada avança no sentido de pesquisas para o desenvolvimento tecnológico de novos gases refrigerantes, menos agressivos a camada de ozônio, no emprego da eletrônica de controle e na adaptação destes sistemas em veículos elétricos e híbridos, visando o menor consumo de energia.

A redução da influência do sistema de ACV, sobre a potência do motor a combustão interna, tornou-se fundamental para redução de poluentes e atender metas governamentais.

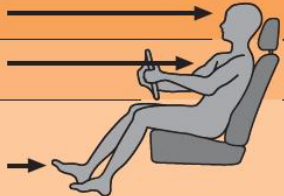
### **2.1.2 Características dos ciclos de resfriamento automotivo**

Conforme Moran e Shapiro (2009), o objetivo de um sistema de refrigeração é manter uma região fria a uma temperatura inferior à de sua vizinhança. Em geral isso é feito utilizando-se ciclos de resfriamento por compressão de vapor.

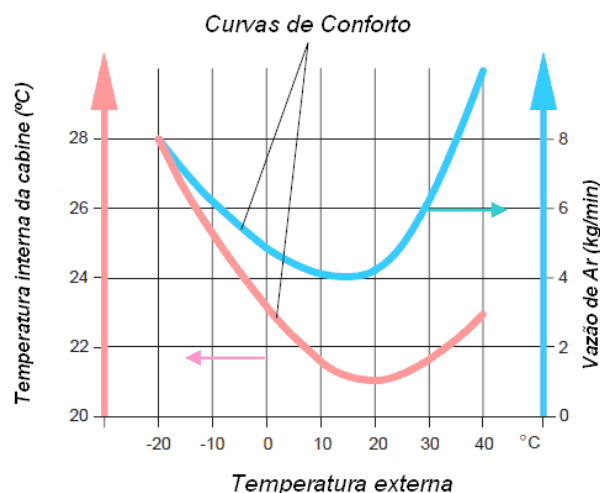
Os sistemas de ar condicionado utilizados em veículos operam com ciclos de compressão de vapor visando fornecer conforto térmico aos ocupantes do veículo.

A tabela 2.1 mostra a distribuição média de temperaturas no interior de um veículo de passeio médio, com e sem sistema de ar condicionado, após 1 hora de condução, temperatura externa do ar igual a 30°C, e com radiação solar de aproximadamente 1kW/m<sup>2</sup> incidindo sobre o veículo.

**Tabela 2.1 Distribuição de temperaturas no interior do veículo (VW Audi - SSP 208, 2008)**

Distribuição de temperaturas em um veículo de tamanho médio em: 1 hora de tempo de condução c/ temperatura exterior = 30°C c/ luz solar sobre o veículo				
Área			com AC	sem AC
Cabeça	→		23 °C	42 °C
Tronco	→		24 °C	40 °C
Pés	→		28 °C	35 °C

No que diz respeito ao conforto térmico, considera-se as curvas de conforto mostradas na Fig. 2.2, como a relação ideal de vazão e temperatura do ar insuflado em relação à temperatura externa do veículo.



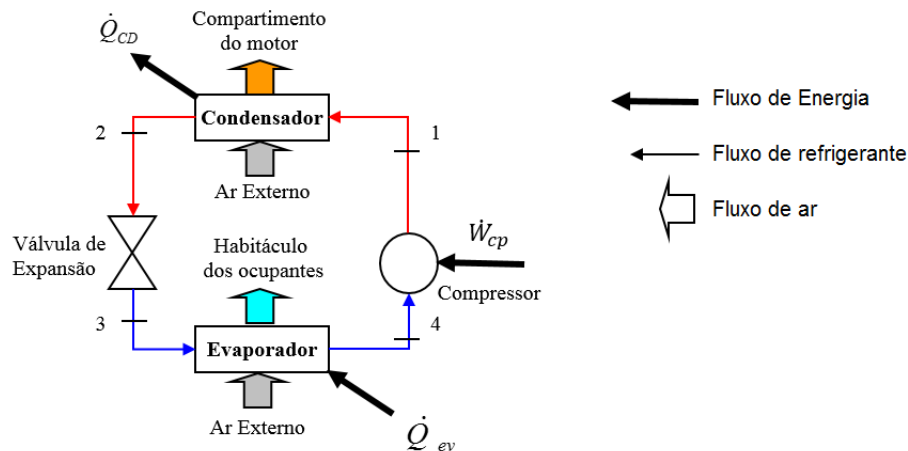
**Figura. 2.2 - Curvas de conforto (VW Audi - SSP 208, 2008)**

A partir da Fig. 2.2, verifica-se que:

- Para uma temperatura externa de  $-20^{\circ}\text{C}$  o ar insuflado deverá ter  $28^{\circ}\text{C}$ , a uma vazão de  $8\text{ kg/min}$ ;
- Para uma temperatura externa de  $40^{\circ}\text{C}$  o ar insuflado deverá ter  $23^{\circ}\text{C}$ , a uma vazão de  $10\text{ kg/min}$ ;
- Para uma temperatura externa de  $10^{\circ}\text{C}$  o ar insuflado deverá ter  $21,5^{\circ}\text{C}$ , a uma vazão de  $4\text{ kg/min}$ .

Ou seja, a vazão e a temperatura do ar insuflado no veículo estão diretamente ligadas às condições externas por onde passa o veículo.

No que diz respeito ao resfriamento do ar insuflado na cabine, a Fig. 2.3 indica um ciclo de resfriamento por compressão de vapor normalmente utilizado em veículo.



**Figura 2.3 - Ciclo de refrigeração automotivo**

Este ciclo é normalmente representado no diagrama P-h (Pressão-Entalpia), comumente utilizado por desenvolvedores de sistemas de refrigeração e ar-condicionado. O refrigerante utilizado em veículos atualmente é o HFC-R134a (tetrafluoretano,  $\text{CH}_2\text{FCF}_3$ ). Este refrigerante substituiu o CFC-R12, no ar condicionado de automóveis e em sistemas de refrigeração residenciais, comerciais e industriais, por ser menos agressivo à camada de ozônio (SOARES 2009).

Considerando um ciclo teórico (ou padrão) de compressão de vapor, todos os processos são internamente reversíveis, com exceção do processo de expansão (3-4). Este ciclo pode ser visualizado no diagrama P-h apresentado na Fig. 2.4.

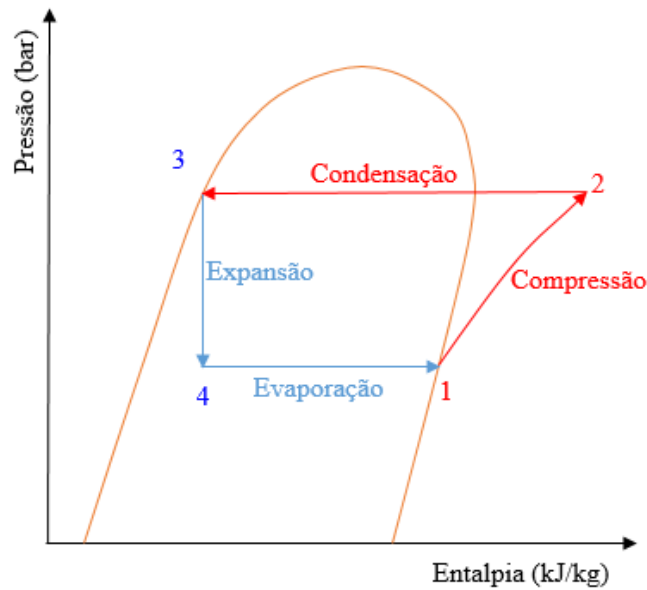


Figura 2.4 – Ciclo padrão de resfriamento por compressão de vapor.

O ciclo de resfriamento padrão consiste na seguinte série de processos (MORAN; SHAPIRO, 2009):

**Processo 1-2:** Compressão isentrópica do refrigerante do estado 1, até a pressão de condensação no estado 2;

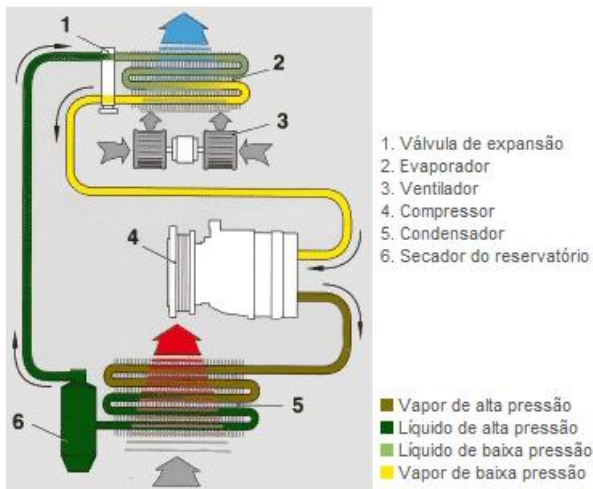
**Processo 2-3:** Transferência de calor do refrigerante para o ar, da condição de gás superaquecido do estado 2 até o estado 3 de líquido sub-resfriado ou líquido saturado, mudança de fase por condensação (processo a pressão constante);

**Processo 3-4:** Processo de expansão do estado 3 até uma mistura de duas fases líquido-vapor no estado 4. Nesta expansão ocorre uma queda brusca da pressão do refrigerante (processo isoentálpico);

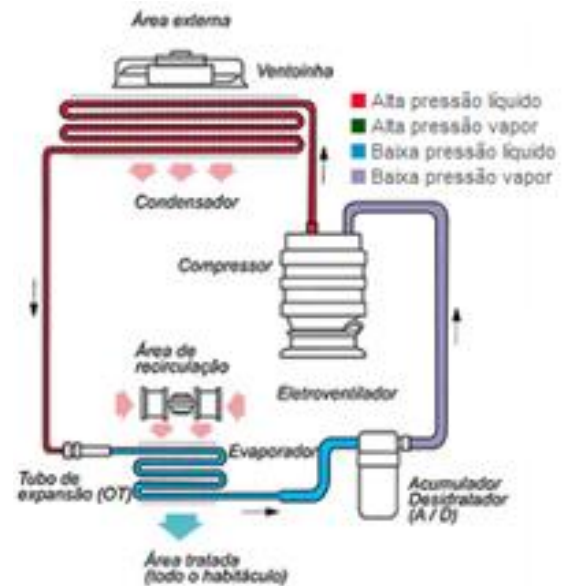
**Processo 4-1:** Transferência de calor do ar para o refrigerante que passa do estado 4 para o 1, ocorrendo evaporação total do refrigerante a pressão constante (processo a pressão constante).

### Dispositivos de Expansão

Quanto ao dispositivo de expansão, devemos destacar dois tipos de aplicações utilizadas em condicionamento automotivo, que são a válvula de expansão termostática e o tubo de expansão ou tubo capilar (Figs. 2.5 e 2.6).



**Figura 2.5 - Ciclo de AC com válvula de expansão termostática (SOARES, 2009)**



**Figura 2.6 - Ciclo de AC com tubo capilar (SOARES, 2009)**

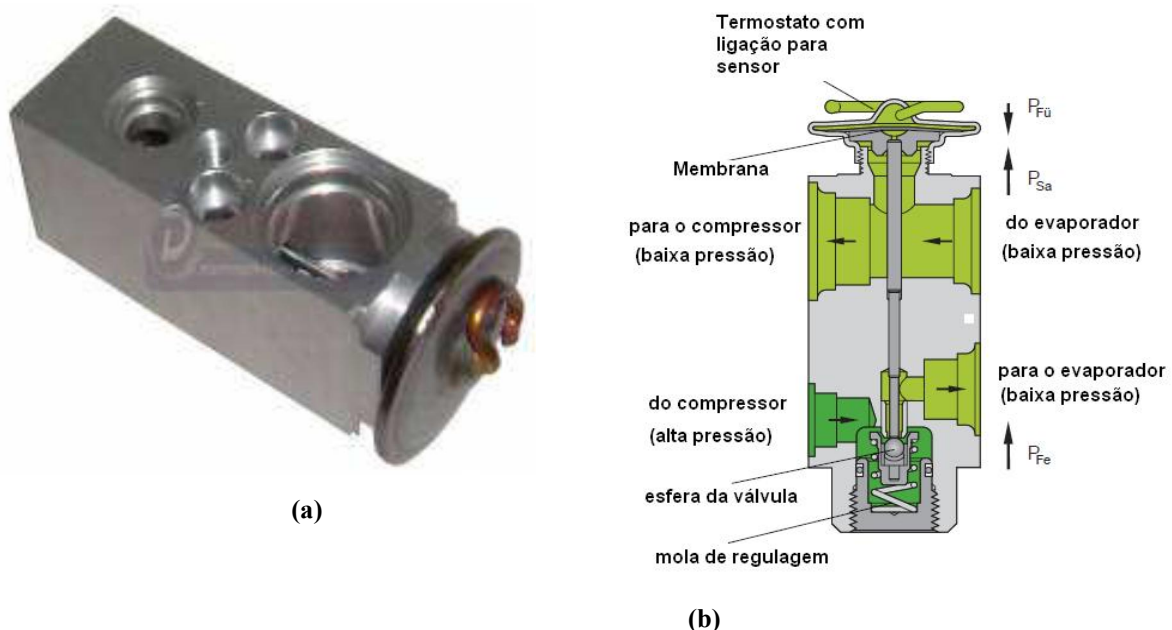
Estes mecanismos expandem o líquido refrigerante que está sob altas pressão e temperatura, levando-o até o estado de mistura líquido - gás na saturação em baixa pressão e temperatura por meio de uma expansão isoentálpica.

Quanto às diferenças entre os dispositivos, salienta-se que os tubos de expansão possuem o diâmetro fixo, logo o controle de vazão do refrigerante é função da diferença de pressão entre as pressões de evaporação e de condensação. É um componente barato e simples de produzir, no entanto, este sistema requer um acumulador de fluido antes do compressor, para evitar a possibilidade de calço hidráulico (Fig. 2.6).

A válvula de expansão termostática controla o grau de superaquecimento do refrigerante na saída do evaporador de modo a manter constante o grau de superaquecimento desejado na saída do evaporador, sendo que a abertura do orifício varia em função da carga térmica aplicada no evaporador. Trata-se de um componente robusto e de grande durabilidade, sendo sensível à mudança de temperatura do evaporador permitindo, assim, uma melhor qualidade de condicionamento de ar. Os sistemas que utilizam válvula de expansão necessitam de um acumulador de fluido antes do evaporador, Fig. 2.5.

A Fig. 2.7 mostra a fotografia e o esquema de uma válvula de expansão termostática veicular.





**Figura 2.7 - Válvula de expansão termostática veicular (VW Audi - SSP 208, 2008)**

(a) fotografia, (b) vista em corte.

## Compressores

Tem a função de elevar a pressão do gás refrigerante após o evaporador. O acionamento do compressor em sistemas de ACV pode ocorrer através do sistema de polias do motor a combustão (neste caso, a polia do compressor normalmente possui uma embreagem magnética) ou através de acionamento por motor elétrico.

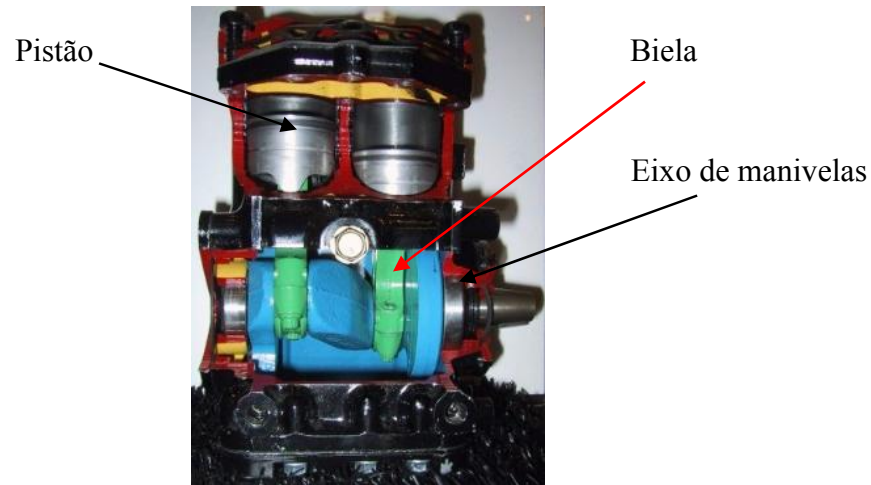
Os compressores utilizados em sistemas automotivos são do tipo de pistão, palhetas ou scroll.

### Compressor de pistão

O arranjo dos pistões deste tipo de compressor pode ser radial (perpendicular ao eixo de acionamento), ou axial (na mesma direção do eixo de acionamento) podendo ter seu curso de pistão fixo ou variável.

Os principais tipos são: (i) compressor de pistão radial, com curso fixo e acionamento mecânico do tipo biela-manivela (modelo convencional e deslizante (*scotch yoke*)); (ii) compressor de pistão de curso variável (*wobble-plate e swach-plate*).

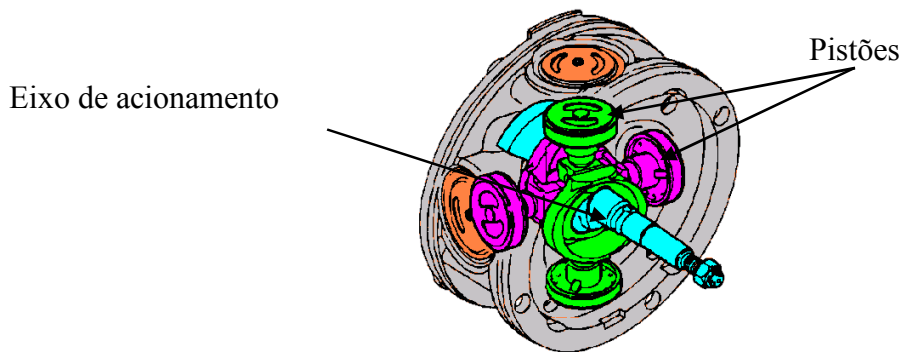
No compressor convencional (Fig. 2.8) o fluxo de refrigerante é controlado pelas válvulas de sucção e de descarga, no cabeçote do compressor.



**Figura 2.8 - Compressor convencional de pistão radial, com curso fixo**  
([http://www.powershow.com/view/13f94d-NjUzZ/Mobile\\_Air\\_Conditioning\\_powerpoint\\_ppt\\_presentation](http://www.powershow.com/view/13f94d-NjUzZ/Mobile_Air_Conditioning_powerpoint_ppt_presentation))

Este tipo de compressor já foi largamente utilizado pela indústria automobilística, mas caiu em desuso, devido à falta de compensação da vazão de refrigerante em função da mudança de rotação do motor a combustão. Este fato forçava o desacoplamento do compressor para evitar sub-resfriamento no evaporador.

O compressor *scotch yoke* (ou deslizante) é um compressor de pistão de curso fixo e radial, onde os pistões estão ligados em pares a um eixo de manivelas (Fig. 2.9).



**Figura 2.9 - Compressor de pistão *Scotch Yoke*, com curso fixo**  
([http://www.powershow.com/view/13f94d-NjUzZ/Mobile\\_Air\\_Conditioning\\_powerpoint\\_ppt\\_presentation](http://www.powershow.com/view/13f94d-NjUzZ/Mobile_Air_Conditioning_powerpoint_ppt_presentation))

O compressor do tipo *wobble plate* (placa variável) é um compressor de pistão de curso variável e axial, onde a placa variável, responsável pela regulação do curso dos pistões, está montada perpendicularmente ao eixo de acionamento. Há uma segunda placa, que oscila e muda de ângulo em função das mudanças de pressão de sucção e descarga, o controle deste diferencial de pressão se dá através de uma válvula de controle. Entre a placa variável e a placa oscilante há um rolamento axial.

A variação da inclinação da placa e do curso dos pistões altera a quantidade de massa comprimida pelo compressor, esta possibilidade de alteração da vazão tem a finalidade de manter a temperatura no evaporador constante, independentemente da rotação do motor a combustão e da carga térmica que sensibiliza a válvula de expansão termostática antes do evaporador.

‘A maioria dos compressores desse tipo possuem entre 5 e 7 pistões Fig. 2.10.

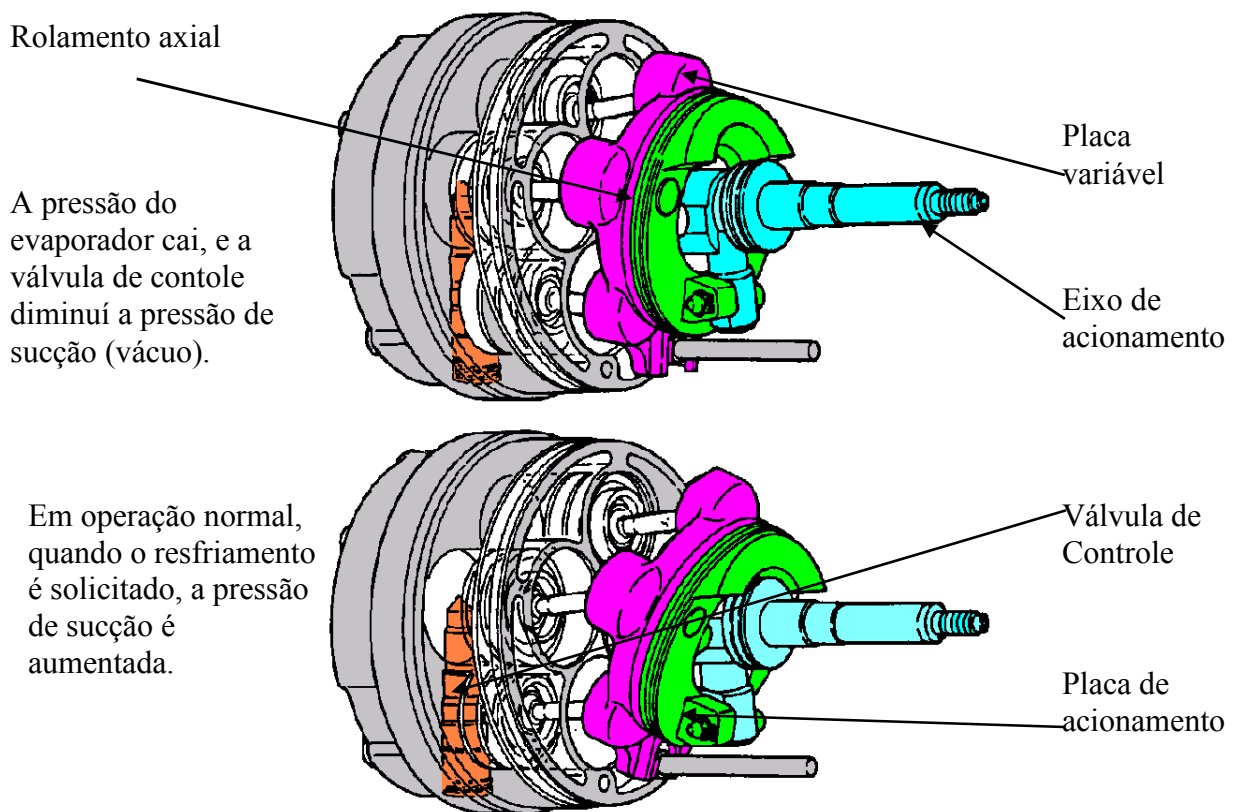


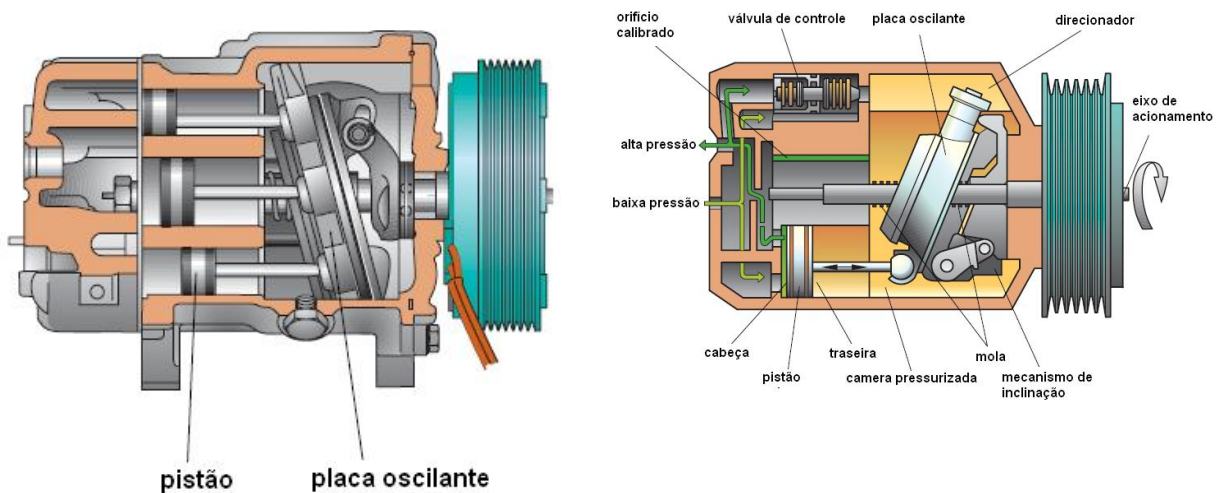
Figura 2.10 - Compressor de pistão *wobble-plate*, com curso variável

([http://www.powershow.com/view/13f94d-](http://www.powershow.com/view/13f94d-NjUzZ/Mobile_Air_Conditioning_powerpoint_ppt_presentation)

[NjUzZ/Mobile\\_Air\\_Conditioning\\_powerpoint\\_ppt\\_presentation](http://www.powershow.com/view/13f94d-NjUzZ/Mobile_Air_Conditioning_powerpoint_ppt_presentation))

O compressor *swach-plate* (placa oscilante) é similar ao *wobble-plate*, no entanto os pistões estão ligados diretamente na placa oscilante, não precisando de uma placa intermediária de contato e acionamento. Esta ligação é feita por meio de sapatas montadas nas traseiras dos pistões (Fig. 2.11).

O fato de manter o sistema trabalhando de maneira contínua, sem ser afetado por mudanças bruscas de rotação, é uma das principais vantagens deste tipo de compressor. Isto evita o choque, de ligar e desligar o compressor sobre a embreagem magnética que faz o acoplamento entre a correia de motor e o compressor, estabilizando a temperatura e diminuindo o consumo de combustível.



(a) compressor *swash-plate* em corte detalhe do mecanismo dos pistões

(b) Detalhes dos componentes internos.

Figura 2.11 - Compressor de pistão *swash-plate*, com curso variável (VW e AUDI – SSP 208, 2008)

### Compressor *vane* (palheta)

Trata-se de um compressor fixo e axial, onde o eixo de acionamento move as palhetas que estão dispostas em ranhuras no rotor. O movimento circular das palhetas empurra o refrigerante de uma câmara, para outra de menor volume. Trata-se de um compressor de curso fixo (Fig. 2.12).

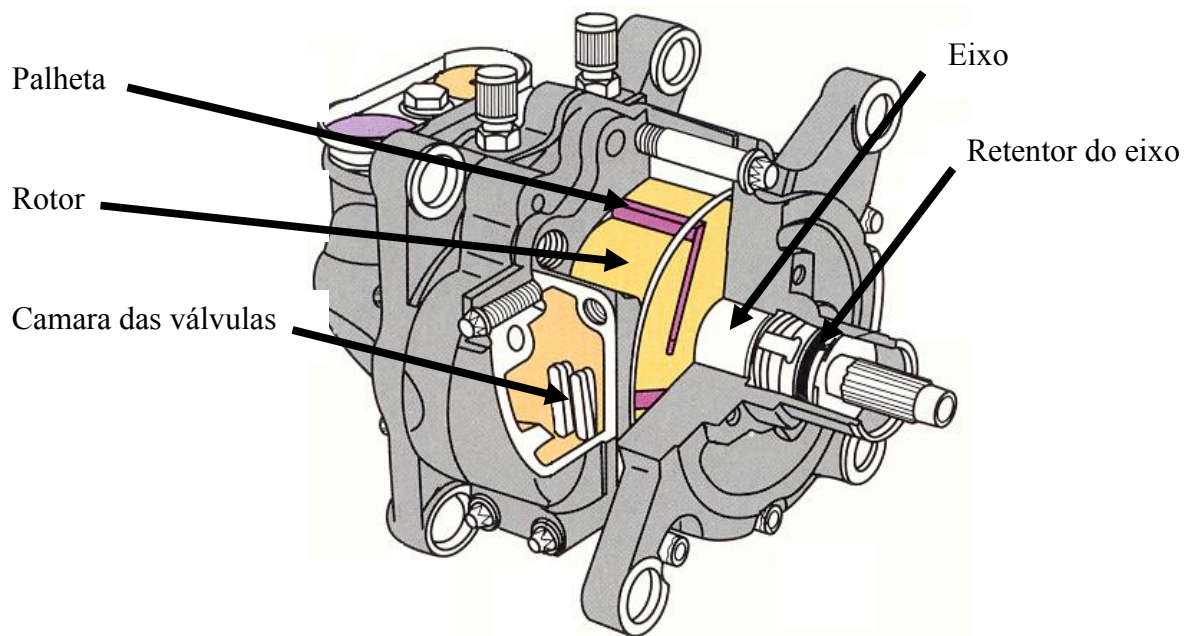


Figura 2.12 - compressor de palheta ([http://www.powershow.com/view/13f94d-NjUzZ/Mobile\\_Air\\_Conditioning\\_powerpoint\\_ppt\\_presentation](http://www.powershow.com/view/13f94d-NjUzZ/Mobile_Air_Conditioning_powerpoint_ppt_presentation))

### Compressor *scroll*

O Compressor *scroll* é acionado por um eixo de excêntrico que provoca um pequeno movimento orbital, sendo seu curso fixo (Fig. 2.13).

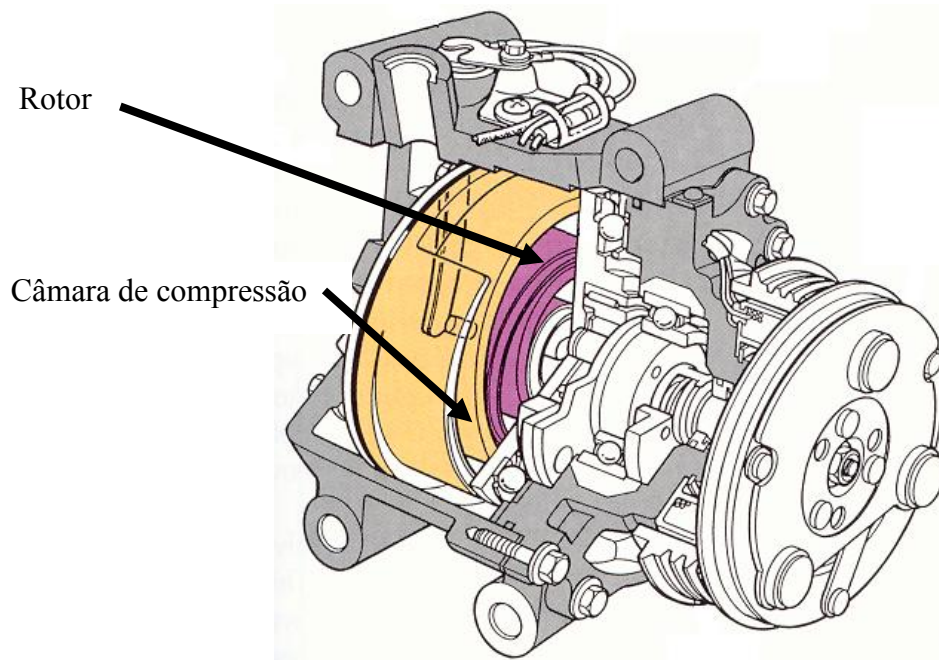


Figura 2.13 - Compressor *scroll* ([http://www.powershow.com/view/13f94d-NjUzZ/Mobile\\_Air\\_Conditioning\\_powerpoint\\_ppt\\_presentation](http://www.powershow.com/view/13f94d-NjUzZ/Mobile_Air_Conditioning_powerpoint_ppt_presentation))



### Comportamento da válvula de controle de compressores de curso variável

Esta válvula está localizada dentro do compressor de curso variável, conforme mostrado nas Figs. 2.10 e 2.11 (b). Ela é responsável pela inclinação da placa de acionamento (ou oscilante) aumentando ou diminuindo o curso dos pistões, em função da diferença de pressões entre a sucção e a descarga do compressor.

Sua atuação ocorre de dois modos:

(i) Quando há aumento do curso dos pistões do compressor a válvula de controle reage conforme o esquema da Fig. 2.14.

Se a temperatura do ar que passa pelo evaporador provoca o aumento da taxa de transferência de calor no evaporador, fazendo com que, a pressão na entrada do compressor (sucção) também aumente, o diafragma (3) contrai-se, a válvula de controle (1) fecha-se liberando a passagem (2) entre o interior do compressor (carcaça) e a sucção do compressor. Assim, a pressão da carcaça diminui, causando menor contra pressão nas traseiras dos pistões, permitindo que estes aumentem seus cursos e consequentemente ocorre o aumento da capacidade do compressor.

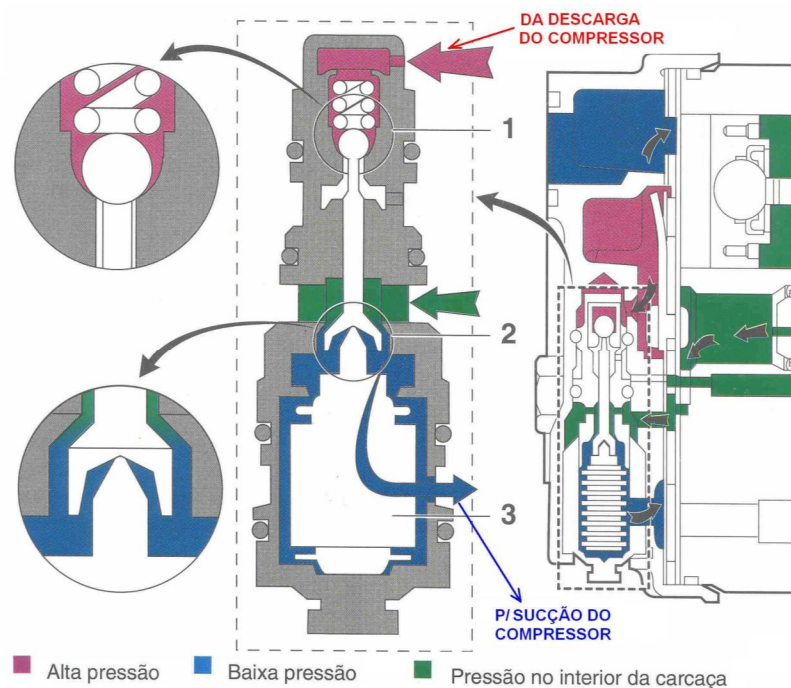


Figura 2.14 - Comportamento da válvula com o aumento de carga térmica (SOARES, 2009)

(ii) Quando há diminuição do curso do compressor, a válvula de controle reage conforme é mostrado na Fig. 2.15.

Se a temperatura do ar que passa pelo evaporador diminui, (menor carga térmica), a pressão na entrada do compressor (sucção) também diminui. O diafragma (3) expande-se fechando a passagem (2) entre o interior do compressor (carcaça) e a sucção do compressor. Por outro lado a válvula (1) abre-se permitindo a comunicação entre o interior do compressor e a descarga. Assim a pressão da carcaça aumenta, causando maior contra pressão nas traseiras dos pistões, resistindo ao recuo dos pistões reduzindo o curso dos mesmos, e consequentemente ocorre a redução de vazão de gás que é comprimido pelo compressor.

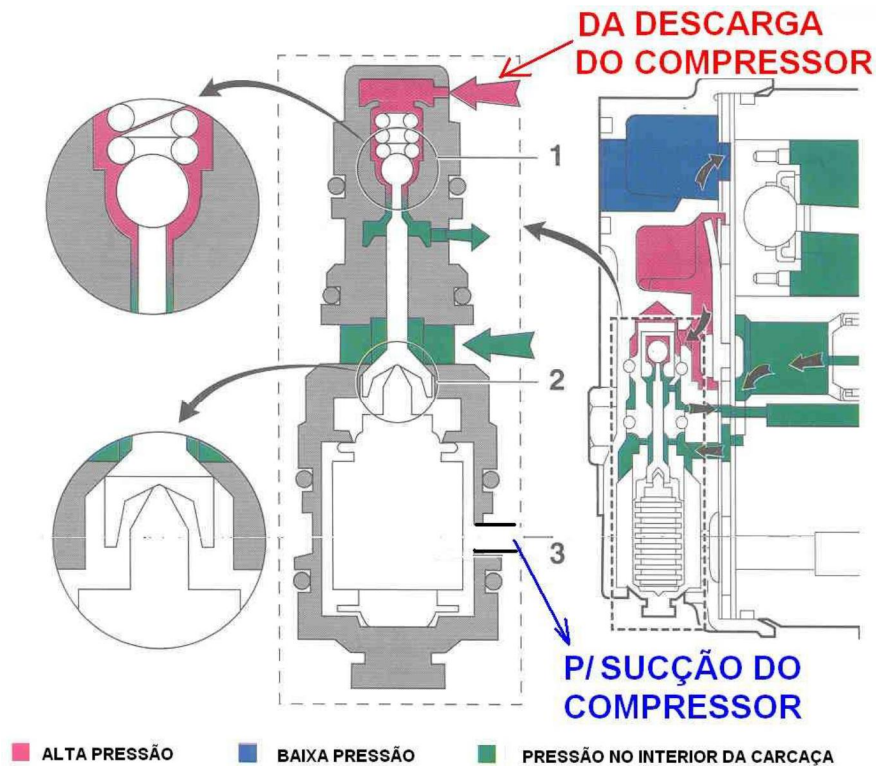


Figura 2.15 - Comportamento da válvula com a diminuição da carga térmica (SOARES, 2009).

## Condensadores

Os condensadores do ciclo de compressão de vapor são trocadores de calor que recebem gás a alta pressão e temperatura (vapor superaquecido). À medida que o calor é dissipado para o ar ambiente, sua temperatura diminui, até começar o processo de mudança de fase do fluido refrigerante.

Podemos classificar os condensadores utilizados em veículos em quatro tipos A, B, C e D (Fig. 2.16):

- Os condensadores A e C são do tipo serpentina, podendo ter mais de um passe;
- O condensador tipo B é composto por tubos perfilados com caixas de entrada e saída de fluido refrigerante;
- O condensador do tipo D é composto por tubos ovais paralelos, com uma caixa de entrada e outra de saída.
- Podem ainda existir condensadores de fluxo paralelo, com várias chicanas internas nas caixas de entrada e saída, com as configurações A, B, C e D, conforme mostra as Fig. 2.17 e 2.18;

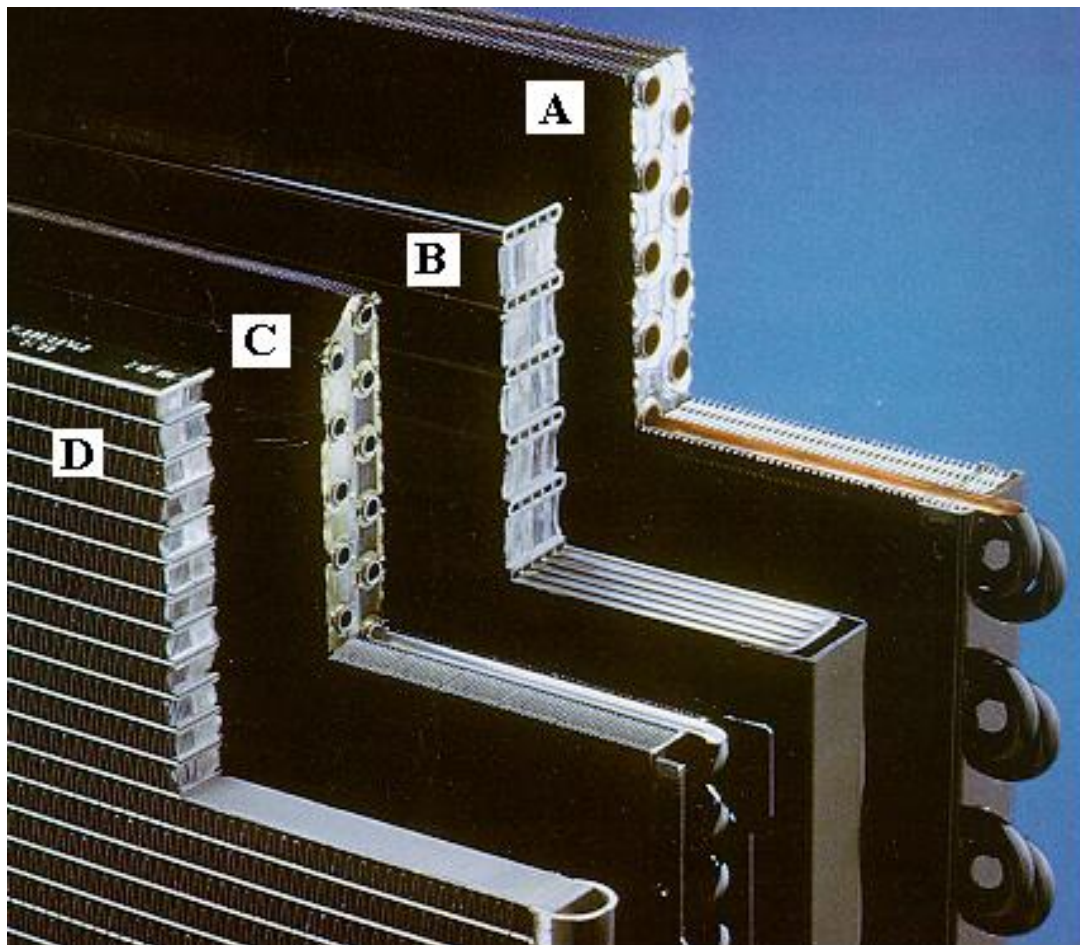
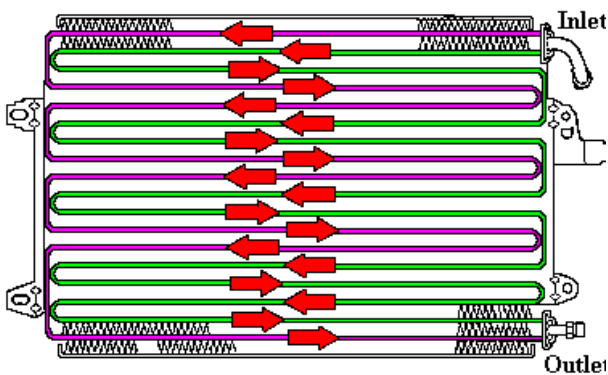


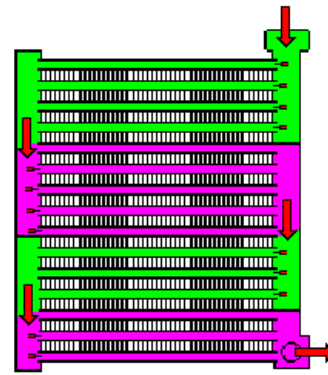
Figura 2.16 - Tipos de condensadores para veículos ([http://www.powershow.com/view/13f94d-NjUzZ/Mobile\\_Air\\_Conditioning\\_powerpoint\\_ppt\\_presentation](http://www.powershow.com/view/13f94d-NjUzZ/Mobile_Air_Conditioning_powerpoint_ppt_presentation))





**Figura 2.17 - Condensador de serpentina com fluxo cruzado**

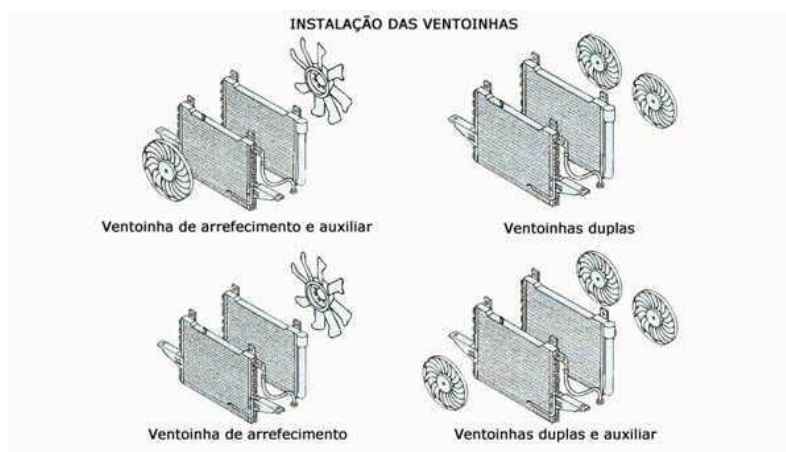
([http://www.powershow.com/view/13f94d-NjUzZ/Mobile\\_Air\\_Conditioning\\_powerpoint\\_ppt\\_presentation](http://www.powershow.com/view/13f94d-NjUzZ/Mobile_Air_Conditioning_powerpoint_ppt_presentation))



**Figura 2.18 - Condensadores de fluxo paralelo** ([http://www.powershow.com/view/13f94d-NjUzZ/Mobile\\_Air\\_Conditioning\\_powerpoint\\_ppt\\_presentation](http://www.powershow.com/view/13f94d-NjUzZ/Mobile_Air_Conditioning_powerpoint_ppt_presentation))

Os tipos B e D são muito eficientes, entretanto são muito caros, o que os torna não recomendados para veículos populares.

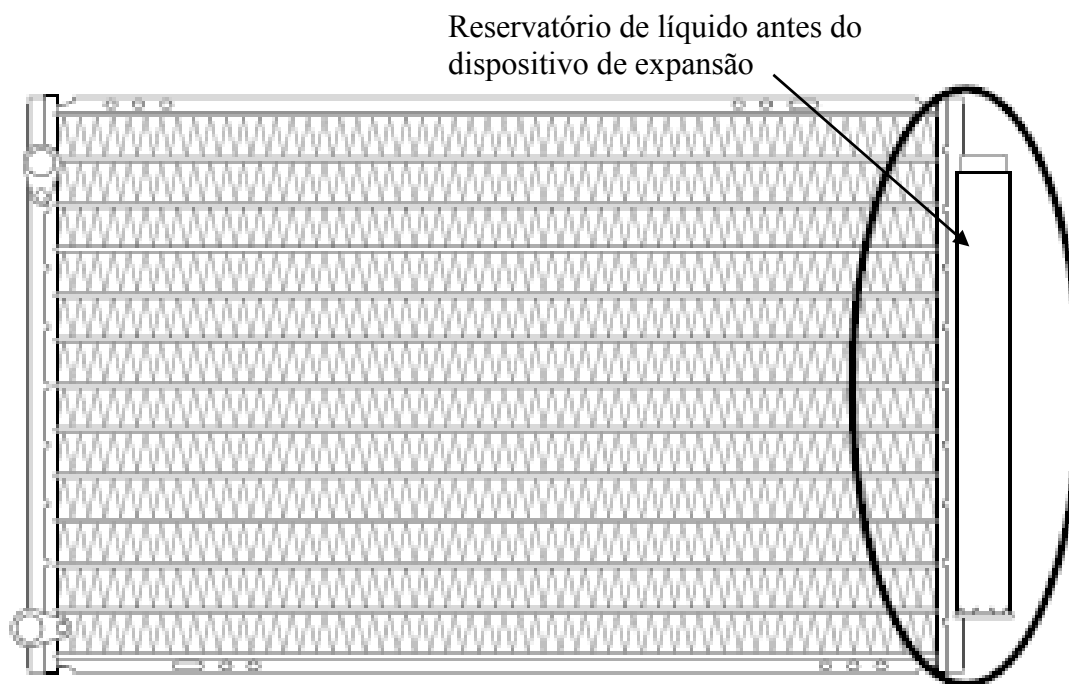
Normalmente os condensadores estão dispostos na frente do veículo, antes do radiador, mas também há disposições lado a lado (*side by side*) com o radiador. Quanto à posição da ventoinha, verifica-se que na maioria das aplicações ela está posicionada atrás do radiador, mas também pode ser disposta conforme a Fig. 2.19. A estratégia de acionar a ventoinha do sistema de arrefecimento, quando o sistema de ACV é ligado, atende a necessidade de arrefecer o motor e diminuir o excesso de pressão no sistema de ACV.



**Figura 2.19 - Disposição da ventoinha no sistema de arrefecimento**

([http://www.powershow.com/view/13f94d-NjUzZ/Mobile\\_Air\\_Conditioning\\_powerpoint\\_ppt\\_presentation](http://www.powershow.com/view/13f94d-NjUzZ/Mobile_Air_Conditioning_powerpoint_ppt_presentation))

O condensador com sistema de sub-resfriamento (*sub-cooling system*) com o filtro secador instalado junto ao condensador, garante que só líquido entre no dispositivo de expansão. Esta disposição pode ser visualizada na Fig. 2.20.



**Figura 2.20 - Condensador com sistema de sub-resfriamento (PETROKI, 2005)**

## **Evaporadores**

O evaporador é um trocador de calor que tem a função de retirar calor da corrente de ar, a ser insuflada dentro do habitáculo dos ocupantes do veículo.

Sua construção é similar à do condensador e, normalmente, o mecanismo de expansão do fluido refrigerante está montado em sua entrada para aproveitamento máximo da capacidade de resfriamento do ciclo (Fig. 2.21), possui tamanho reduzido, pois normalmente encontra-se dentro da caixa de distribuição de ar do veículo.

A caixa de distribuição de ar tem em seu interior um ventilador, válvulas ou registros, um filtro de partículas e um aquecedor, conforme mostra a Fig. 2.22. Algumas caixas possuem automação dos registros que controlam o fluxo de ar.

Na figura 2.23 é possível visualizar a caixa de distribuição de ar, que é montada no painel do veículo, necessitando por vezes que o evaporador tenha diversos passes (fileiras de tubos para troca de calor) alinhados.

Válvula de  
Exaustão



Figura 2.21 - Evaporador automotivo ([http://www.powershow.com/view/13f94d-NjUzZ/Mobile\\_Air\\_Conditioning\\_powerpoint\\_ppt\\_presentation](http://www.powershow.com/view/13f94d-NjUzZ/Mobile_Air_Conditioning_powerpoint_ppt_presentation))

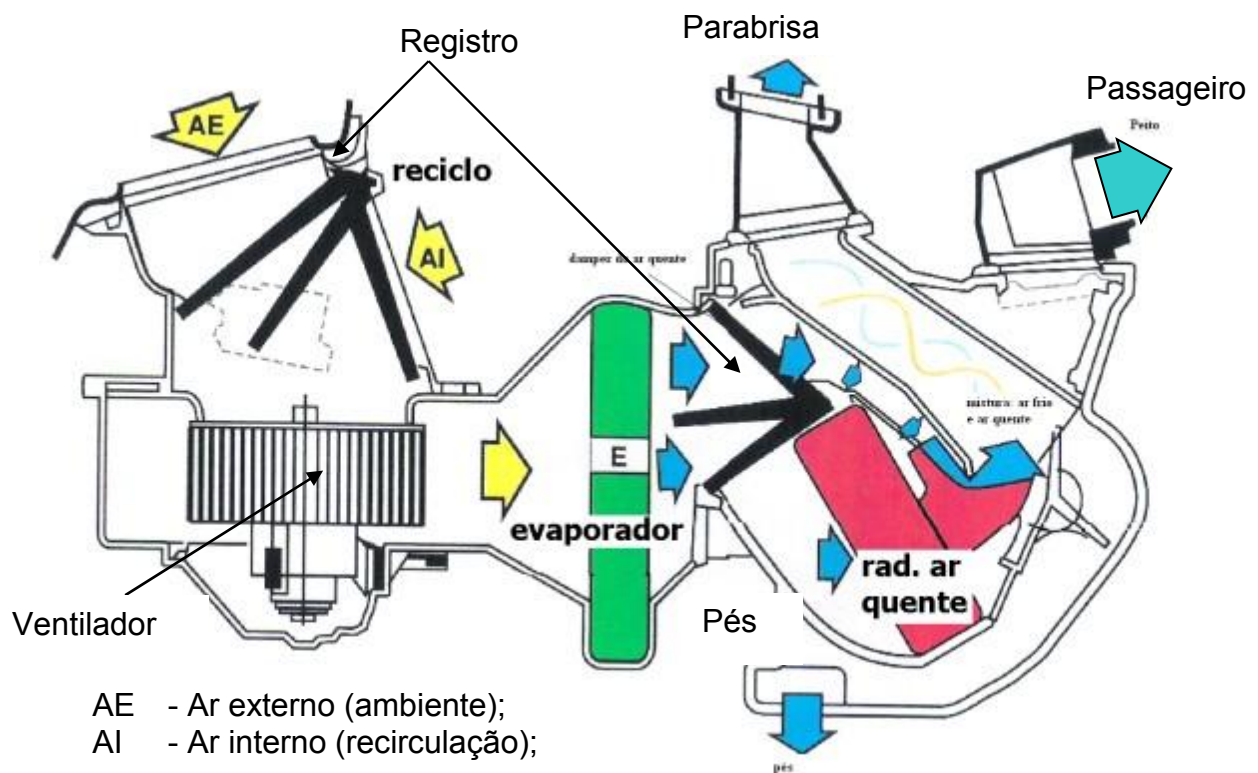


Figura 2.22 - Interior da caixa de distribuição de ar automotivo  
(<http://k2arcondicionado.com.br/article/instalacao-ar-condicionado-automotivo-pecas.html>)

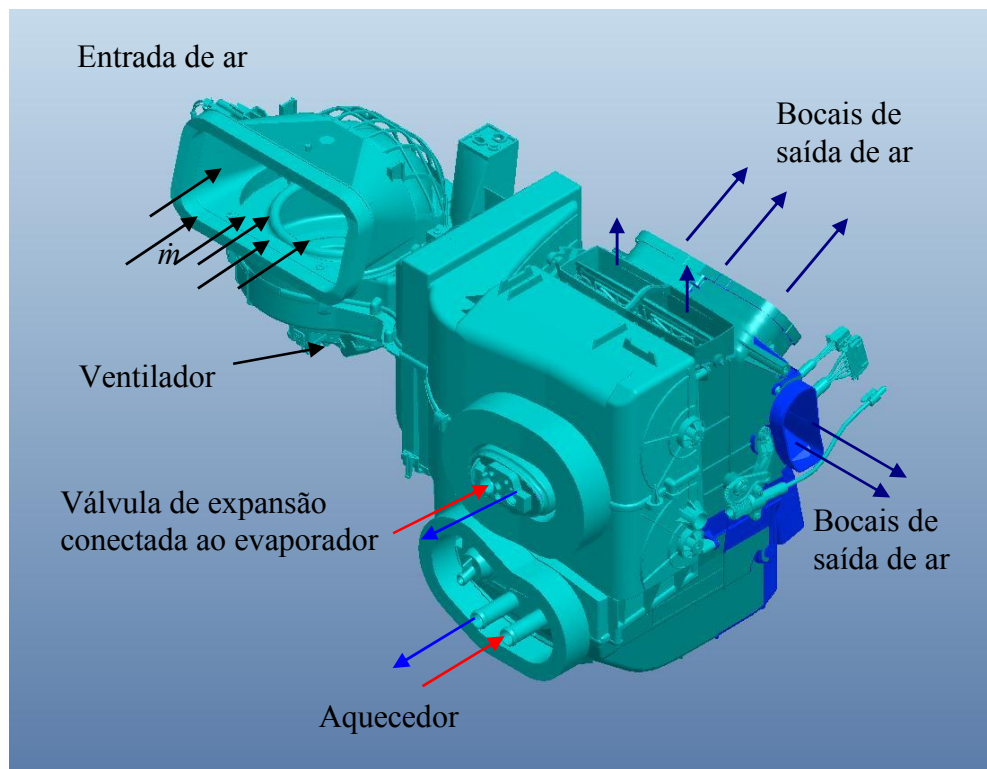


Figura 2.23 - Caixa de distribuição de ar (VW, 2013)

### Verificação da área de troca de calor do evaporador na fase de projeto do equipamento

Uma das maneiras de se avaliar se o evaporador está enquadrado dentro das especificações de projeto é verificando se sua área de troca de calor é suficiente para as necessidades especificadas.

A verificação da capacidade do evaporador pode ser verificada seguindo-se a metodologia proposta por Hewitt (2002), apresentada a seguir.

A área de transferência de calor do evaporador pode ser calculada por meio da Eq. (2.1), conhecendo-se a carga térmica de projeto do evaporador ( $\dot{Q}_{ev}$ ).

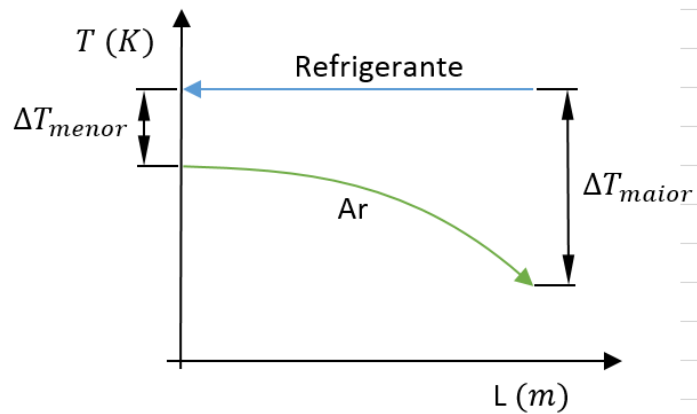
$$A_{\text{sup},ev} = \frac{\dot{Q}_{ev}}{U_{ev} \cdot \Delta TLM_{ev}} \quad (2.1)$$

Nesta equação ( $U_{ev}$ ) é o coeficiente global de troca de calor na superfície, e expresso pela Eq. (2.2), e ( $\Delta TLM_{ev}$ ) é a diferença média logarítmica de temperatura no evaporador [Eq.(2.3)]:

$$\frac{1}{U_{ev}} = \frac{1}{hc_{ar}} + \frac{D_e}{2 \cdot k_{tubo}} \cdot \ln \frac{D_e}{D_i} + \frac{D_e}{hc_{gm} D_i} \quad (2.2)$$

$$\Delta TLM_{ev} = \frac{\Delta T_{maior} - \Delta T_{menor}}{\ln \frac{\Delta T_{maior}}{\Delta T_{menor}}} \quad (2.3)$$

Estas diferenças de temperatura ( $\Delta T_{maior}$ ;  $\Delta T_{menor}$ ) podem ser visualizadas no Fig. 2.24.



**Figura 2.24 – Representação das diferenças de temperatura no evaporador.**

Os termos ( $D_e$ ;  $D_i$ ) indicam o diâmetro interno e externo dos tubos do evaporador, respectivamente.

O termo ( $hc_{gm}$ ) conforme Hewitt (2002), é a média aritmética dos coeficientes convectivos na entrada ( $hc_{in}$ ) e ( $hc_{out}$ ) saída do trocador de calor.

$$hc_{gm} = \frac{hc_{in} + hc_{out}}{2} \quad (2.4)$$

Os coeficientes ( $hc_{in}$  ;  $hc_{out}$ ) variam em função do título do gás refrigerante ( $x_{in}$  e  $x_{out}$ ) que são dados pela correlação proposta por Boyco e Kruzhilin (1967), citado por Hewitt (2002):

$$hc_{in} = hc_{gO} \cdot \left[ 1 - x_{in} \left( \frac{\rho_l}{\rho_g} - 1 \right) \right]^{0,5} \quad (2.5)$$

$$hc_{out} = hc_{gO} \cdot \left[ 1 - x_{out} \left( \frac{\rho_l}{\rho_g} - 1 \right) \right]^{0,5} \quad (2.6)$$

Nas equações apresentadas,  $\rho_l$  e  $\rho_g$  são as densidades do refrigerante na fase líquida e na fase gás, respectivamente.

O coeficiente convectivo ( $hc_{gO}$ ) pode ser obtido pela correlação de Mikheev (1956), como citado por Hewitt (2002) e representa o coeficiente de convecção do refrigerante na fase gás conforme a Eq. (2.7):

$$hc_{gO} = 0,021 \frac{k_{tubo} J_{tubo}}{D_{tubo,i}} \cdot Re_{g0}^{0,8} \cdot Pr_g^{0,43} \quad (2.7)$$

Onde, ( $Re_{g0}$ ) é o número de Reynolds calculado para o diâmetro interno do tubo ( $D_{tubo,i}$ ) do evaporador de calor considerando as propriedades da fase gás [Eq. (2.8)]; ( $Pr_g$ ) é o número de Prandtl do refrigerante na fase gás [Eq. (2.9)]; ( $k_{tubo}$ ) é a condutividade térmica do tubo; ( $J_{tubo}$ ) é o comprimento do tubo.

$$\text{Re}_{go} = \frac{\dot{m}_g \cdot l_{tubo}}{\mu_g} \quad (2.8)$$

$$\text{Pr}_g = \frac{\nu_g}{\alpha_g} \quad (2.9)$$

Sendo que  $(\dot{m}_g)$  é a vazão do gás no tubo;  $(\alpha_g)$  é a difusividade térmica do gás;  $(\mu_g)$  é a viscosidade dinâmica do gás no tubo;  $(\nu_g)$  é a viscosidade cinemática do gás refrigerante.

Do lado externo do evaporador onde escoa o ar, o coeficiente efetivo de troca de calor por convecção  $(hc_a')$ , na superfície total das aletas pode ser extraído da [Eq. (2.10)]:

$$hc_a' = \left( \frac{\eta_f \cdot A_f + A_w}{A} \right) hc_a \quad (2.10)$$

Sendo que:  $(A_f)$  é a área de troca de calor das aletas;  $(A_w)$  é a área da seção reta das aletas;  $(A)$  é a área total de transferência de calor.

A eficiência da aleta com extremidade adiabática  $(\eta_f)$  é calculada pela [Eq. (2.11)]:

$$\eta_f = \frac{\tanh(mL_f)}{mL_f} \quad (2.11)$$

$$m^2 = \frac{hc_a \cdot per}{k_f A_w} \quad (2.12)$$

Onde:  $(m)$  é uma constante da integração da dedução da equação de calor rejeitado pela aleta;  $(L_f)$  comprimento total da aleta;  $(per)$  é o perímetro da secção transversal da aleta;  $(hc_a)$  é o coeficiente de convecção do ar e é dado pela [Eq.(2.13)]; e  $(k_f)$  é a condutividade térmica do material da aleta.

$$hc_a = \frac{k_a \cdot \bar{Nu}_a}{D_r} \quad (2.13)$$

Onde:  $(k_a)$  é a condutividade térmica do ar;  $(\bar{Nu})$  é o número de Nusselt médio calculado a partir da [Eq.(2.14)];  $(Pr_a)$  é o número de Prandtl do ar;  $(Re_a)$  é o número de Reynolds do ar que passa pelas aletas, sendo definido pela [Eq.(2.15)];

$$\bar{Nu}_a = 0,242 \cdot Re_a^{0,688} \cdot \left(\frac{s}{h}\right)^{0,297} \cdot Pr_a^{1/3} \quad (2.14)$$

$$Re_a = \frac{\dot{m}_a \cdot e_{ev}}{\mu_a} \quad (2.15)$$

Onde:  $(\dot{m}_a)$  é a vazão mássica de ar;  $(e_{ev})$  é a espessura do evaporador, ou a distância entre as faces do evaporador na direção da passagem de ar;  $(\mu_a)$  é a viscosidade dinâmica do ar antes do evaporador.

O valor  $(\dot{Q}_{ev})$  é a taxa de transferência de calor (carga térmica) retirada do fluxo de ar, que passa através do evaporador, e é um valor estimado no projeto do sistema de ar condicionado



veicular, a partir de características de conforto térmico desejado, em condições ambientais pré-especificadas. A partir deste parâmetro dimensiona-se um tocador de calor que atenda estas expectativas.

A partir das condições de conforto térmico desejados definem-se as pressões de trabalho no ciclo  $[(P_1) \text{ e } (P_2)]$ , pressões de condensação e evaporação no ciclo respectivamente. Considerando-se um ciclo padrão é possível obter a diferença de entalpia específica  $(\Delta h_{ev})$ , observada no processo de evaporação entre os pontos 1-4 do diagrama P-h , conforme mostrado na Fig. 2.4.

Considerando que a quantidade de calor retirada pelo ar que atravessa o evaporador é igual à quantidade de calor absorvida pelo refrigerante, pode-se escrever a Eq.(2.16).

$$\dot{Q}_{ev} = \dot{m}_a \cdot \Delta h_a = \dot{m}_g \cdot \Delta h_{ev} \quad (2.16)$$

Os valores de  $(\dot{m}_a)$  vazão mássica de ar e  $(\Delta h_a)$  da diferença de entalpia do ar antes e depois do evaporador são estimados ou medidos, assim é possível obter o valor de  $(\dot{Q}_{ev})$ .

A vazão de gás  $(\dot{m}_g)$  na tubulação do ciclo de refrigeração é determinada pela Eq. (2.17):

$$\dot{m}_g = \frac{\dot{Q}_{ev}}{\Delta h_{ev}} \quad (2.17)$$

A verificação consiste em saber se a área total de troca de calor especificada na Eq.(2.1) é suficiente para absorver o calor trocado no evaporador  $(\dot{Q}_{ev})$ .

## Filtros secadores

Este tipo de equipamento é montado com a finalidade de estocar uma quantidade extra de refrigerante, remover água do refrigerante e remover partículas indesejáveis do gás, evitando assim o entupimento das válvulas do sistema (controle, sucção e descarga no compressor e de expansão no evaporador). Na Fig. 2.25 é possível visualizar o interior deste filtro.

Este componente permite a instalação de um visor para identificar o nível de refrigerante no sistema.



Figura 2.25 - Interior do filtro secador ([http://www.powershow.com/view/13f94d-NjUzZ/Mobile\\_Air\\_Conditioning\\_powerpoint\\_ppt\\_presentation](http://www.powershow.com/view/13f94d-NjUzZ/Mobile_Air_Conditioning_powerpoint_ppt_presentation))

### 2.1.3 Análise energética de ciclos de resfriamento por compressão de vapor

A Fig. 2.26 representa o esquema do ciclo de ar condicionado conectado ao motor de combustão.

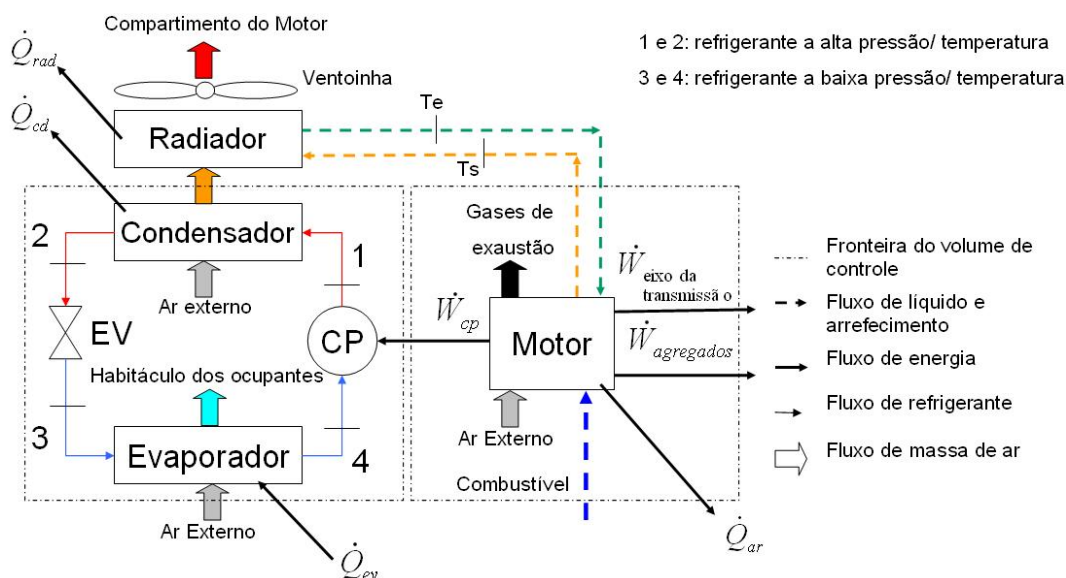


Figura 2.26 - Esquema do ciclo de ar condicionado com motor de combustão interna

Para facilitar a análise energética dividiremos este esquema em dois volumes de controle, um correspondente ao ciclo de ar condicionado e outro correspondente ao motor.

### **Análise energética do ciclo de compressão de vapor do sistema de ar condicionado automotivo**

Aplicando a 1ª lei da termodinâmica, para o ciclo apresentado na Fig. 2.03, obtém-se a relação entre a taxa de calor absorvido do ar no resfriamento ( $\dot{Q}_{ev}$ ), taxa de calor trocado no condensador ( $\dot{Q}_{cd}$ ) e a potência de compressão ( $\dot{W}_{cp}$ ), conforme as [Eqs. (2.18, 2.19, 2.20)] respectivamente.

As seguintes hipóteses foram adotadas:

- Regime permanente;
- Variação de energia cinética desprezível;
- Variação de energia potencial desprezível;
- Compressão isentrópica;
- Expansão isoentálpica.

$$\dot{Q}_{ev} = \dot{m}_g (h_1 - h_4) \quad (2.18)$$

$$\dot{Q}_{cd} = \dot{m}_g (h_3 - h_2) \quad (2.19)$$

$$\dot{W}_{cp} = \dot{m}_g (h_2 - h_1) \quad (2.20)$$

Onde  $h$  representa a entalpia específica do refrigerante nos pontos indicados.

$$\frac{dE}{dt} = \dot{Q} - \dot{W} = \dot{Q}_{cd} - \dot{Q}_{ev} - \dot{W}_{cp} \quad (2.21)$$

No regime permanente:

$$\dot{Q}_{cd} - \dot{Q}_{ev} - \dot{W}_{cp} = 0 \quad (2.22)$$

Ou:

$$\dot{Q}_{cd} = \dot{W}_{cp} + \dot{Q}_{ev} \quad (2.23)$$

Esse ciclo é representado no diagrama P-h do R134-a (Fig 2.27).

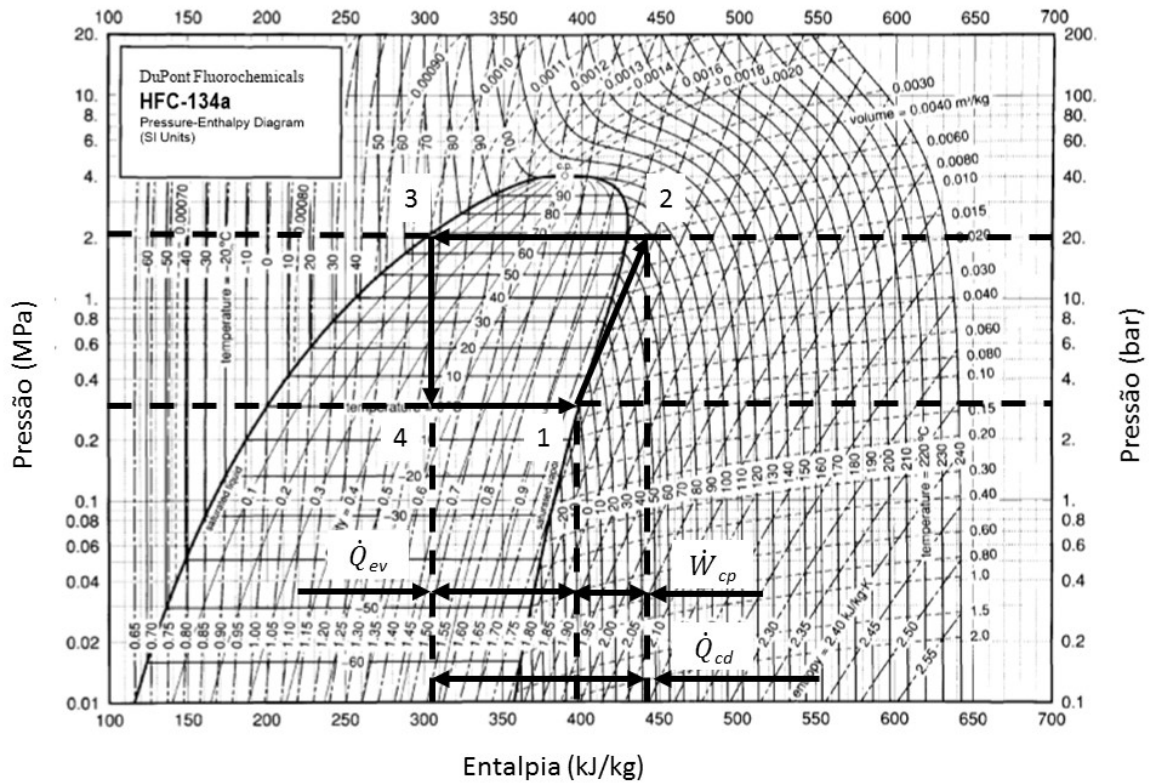


Figura 2.27 - Diagrama P-h DuPont (2205) para o ciclo padrão de resfriamento por compressão de vapor.

O coeficiente de desempenho de ciclos de refrigeração ( $COP$ ) é definido como a razão entre a quantidade de energia retirada do reservatório térmico frio ( $\dot{Q}_{ev}$ ) e o trabalho líquido sobre o sistema ( $\dot{W}_{cp}$ ). Assim o coeficiente de desempenho  $COP$  é dado pela Eq. (2.23). (MORAN; SHAPIRO 2009):

$$COP = \frac{\dot{Q}_{ev}}{\dot{W}_{cp}} \quad (2.23)$$

O máximo coeficiente de desempenho que um ciclo de refrigeração pode desenvolver corresponde ao do ciclo ideal, ou ciclo de resfriamento de Carnot, expresso em função das temperaturas absolutas nos reservatórios quentes ( $T_H$ ) e frio ( $T_C$ ) conforme a Eq. (2.24).

$$COP_{m\acute{a}x} = \frac{T_C}{T_H - T_C} \quad (2.24)$$

#### 2.1.4 Processos psicrométricos

Um sistema de condicionamento de ar provoca alteração do estado do ar, de modo a permitir que a corrente de ar insuflada, no ambiente a ser condicionado, absorva a carga térmica do ambiente e o mantenha na temperatura e umidade desejadas. Ao atravessar o sistema de ar condicionado, o ar pode sofrer um ou mais dos seguintes processos:

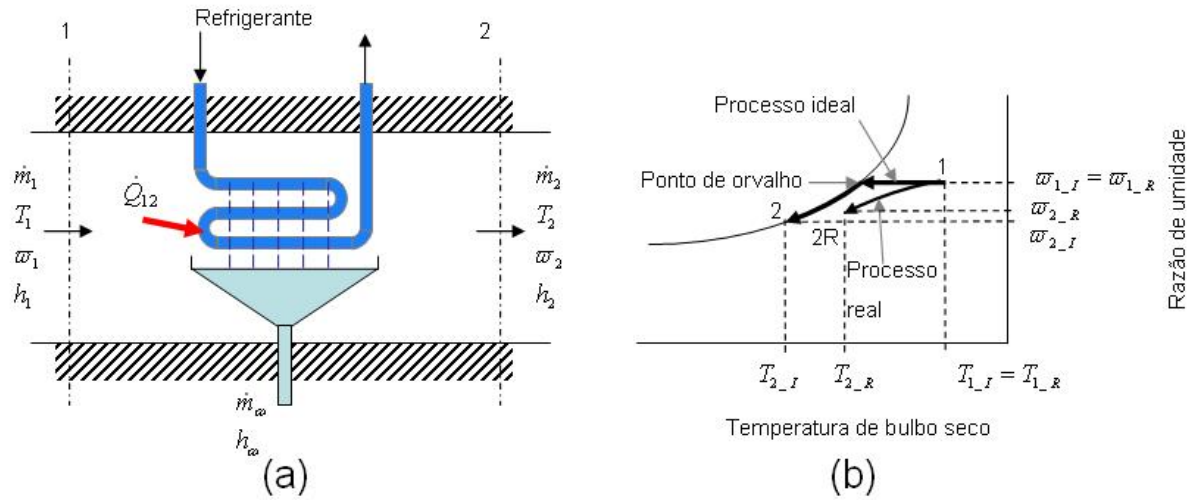
- Resfriamento e desumidificação;
- Aquecimento ou resfriamento sensível;
- Umidificação;
- Mistura com outras de correntes de ar.

Os balanços de massa e energia para cada um dos processos citados anteriormente são apresentados a seguir.

#### Resfriamento e desumidificação do ar úmido

Se o ar úmido for exposto a uma superfície de troca de calor com temperatura inferior à temperatura de orvalho, ocorrerá condensação de vapor d'água sobre a superfície fria. Neste caso, ocorre uma redução da sua temperatura de bulbo seco ( $T_{bs}$ ) e também de sua razão de umidade ou umidade absoluta ( $\omega$ ).

Neste caso temos duas interpretações para o fenômeno, uma ideal onde todo o fluido entra em contato com a serpentina, sendo que o processo poderia ser dividido em duas etapas: resfriamento seguido de condensação; e outra mais próxima à realidade, onde nem todo ar “sente” a presença da serpentina. Nesta última consideração, o ar na saída da serpentina encontra-se na linha de processo que liga o estado inicial ao estado do ar saturado na temperatura da serpentina, conforme mostrado na Fig. 2.28.



**Figura 2.28 - Esquema de processo de resfriamento com desumidificação. (a) equipamento e (b) linha de processo no diagrama psicrométrico (adaptado de STOECKER; JONES,1985).**

Na Fig. 2.28, o subscrito *I* refere-se ao estado ideal enquanto o subscrito *R* refere-se ao estado real.

A temperatura ( $T_{2\_I}$ ) é conhecida como ponto de orvalho da serpentina ou temperatura média da superfície da serpentina.

Fazendo um balanço de massa e energia com as hipóteses mencionadas anteriormente, no volume de controle envolvendo a serpentina, obtém-se a vazão mássica de água condensada no processo a partir da vazão de ar seco ( $\dot{m}_a$ ) e das razões de umidade do ar antes e após o processo ( $\omega_1$  e  $\omega_2$ ) conforme a Eq.(2.25).

$$\dot{m}_w = \dot{m}_a (\omega_2 - \omega_1) \quad (2.25)$$

O balanço de energia permite a obtenção da capacidade de resfriamento da serpentina ( $\dot{Q}_{12}$ ) a partir da determinação das entalpias específicas do ar antes e depois da passagem através da serpentina ( $h_1$  e  $h_2$ ), além da determinação da entalpia da água condensada deixando o volume de controle ( $h_w$ ), conforme a Eq. (2.26).

$$\dot{Q}_{12} = \dot{m}_a (h_1 - h_2) - \dot{m}_a h_w \quad (2.26)$$

Representando:

$$\dot{Q}_{12} - h_{\omega} = \frac{(h_1 - h_2)}{(\omega_1 - \omega_2)} = \frac{\Delta h}{\Delta \omega} \quad (2.27)$$

A razão  $\left( \frac{\Delta h}{\Delta \omega} \right)$ , define a direção da linha de processo mostrada na Fig. 2.28. Na realidade, como nenhuma serpentina é 100% eficiente, apenas uma parte do ar úmido admitido na secção de entrada entra em contato com a superfície de troca de calor a  $T_{2\_1}$ , atingindo a condição de saturação 2 (STOECKER; JONES, 1985).

A parte do ar que não entrou em contato com a serpentina, hipoteticamente atravessa o volume de controle sem sofrer alteração em seu estado. Desta forma, o estado do ar úmido na seção de saída pode ser considerado como uma mistura de uma parte do fluxo de ar que está no estado 2, com outra parte do fluxo que está no estado 1. O estado final após a mistura é representado pelo ponto 2R na Fig. 2.28.

O fator de contato da serpentina ( $\beta$ ) é definido pela razão entre a vazão de ar que entra em contato direto com a serpentina e a vazão total de ar atravessando a serpentina (STOECKER; JONES, 1985), ou seja:

$$\beta = \frac{\dot{m}_{a2}}{\dot{m}_{atotal}} = \frac{(h_1 - h_{2R})}{(h_1 - h_2)} \quad (2.28)$$

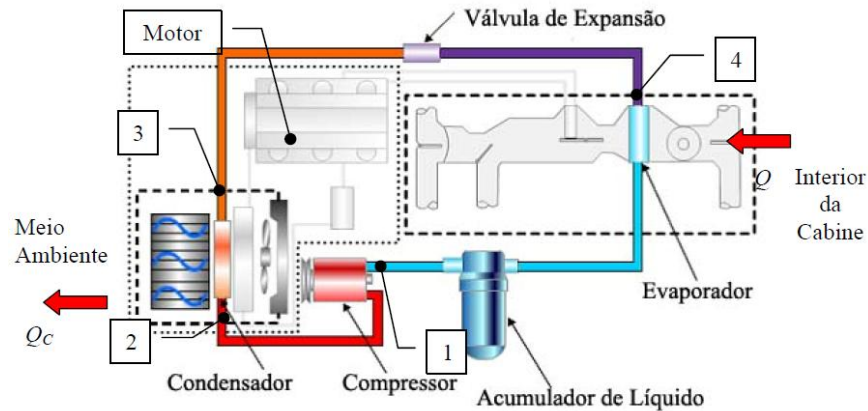
Onde  $h_{2\_R}$  é a entalpia específica do ar úmido no estado 2R após a serpentina.

Com o parâmetro  $\beta$  é geralmente fornecido pelo fabricante, podemos determinar o estado real do ar úmido na saída do duto.

O processo psicrométrico de resfriamento do ar, para aplicação veicular pode ser visualizado no esquema da Fig. 2.28.

Neste caso o evaporador do ciclo de compressão de vapor do sistema de ar condicionado veicular fica instalado dentro da caixa de distribuição de ar do veículo, conforme já apresentado na Fig. 2.22.

Todos os componentes do sistema de ACV podem ser observados na Fig. 2.29.



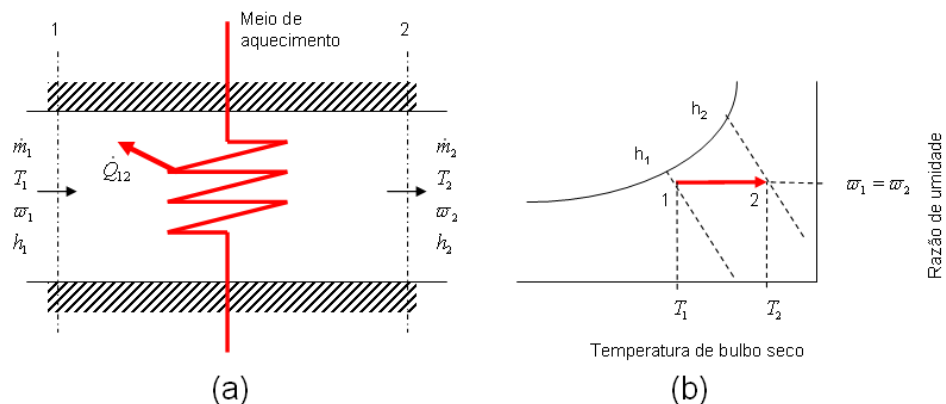
**Figura 2.29 – Esquema do ciclo de resfriamento por compressão de vapor do sistema de ACV (QUIM, 2007)**

### Aquecimento ou resfriamento sensível

O processo psicrométrico de aquecimento ou resfriamento sensível ocorre através do contato do ar com uma superfície de temperatura diferente da sua. Considerando o processo de aquecimento, a superfície pode ser aquecida através de vapor (trocadores de calor casco e tubo, serpentina, etc.) ou através de resistências elétricas aquecidas por efeito Joule ou Peltier.

Trata-se de um processo onde a razão de umidade do ar permanece constante, pois só calor sensível é adicionado ou retirado do ar.

A Fig. 2.30 mostra o esquema e o diagrama do processo psicrométrico para o aquecimento sensível.



**Figura 2.30 - Esquema do processo de aquecimento sensível (a) equipamento, (b) linha de processo no diagrama psicrométrico (adaptado de STOECKER; JONES, 1985).**



Dentro do veículo o aquecimento do sistema de ar condicionado veicular é feito por meio de um aquecedor, conforme mostrado na Fig. 2.31.

O aquecedor é instalado dentro do distribuidor de ar do veículo, ou caixa do ar condicionado. Parte do calor rejeitado para o líquido de arrefecimento é utilizado como fonte de calor para o aquecimento do ar do sistema de ACV, conforme pode ser observado na Fig. 2.22.

De certa forma esta troca de calor é energeticamente interessante, uma vez que este calor seria dissipado para o ambiente sem utilização alguma.

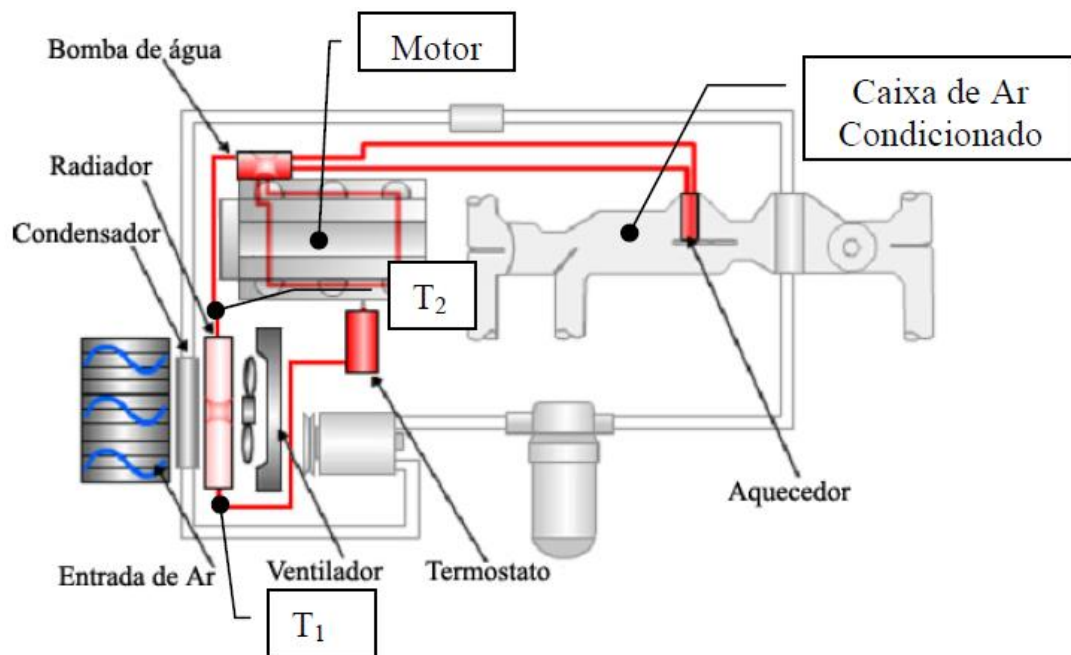
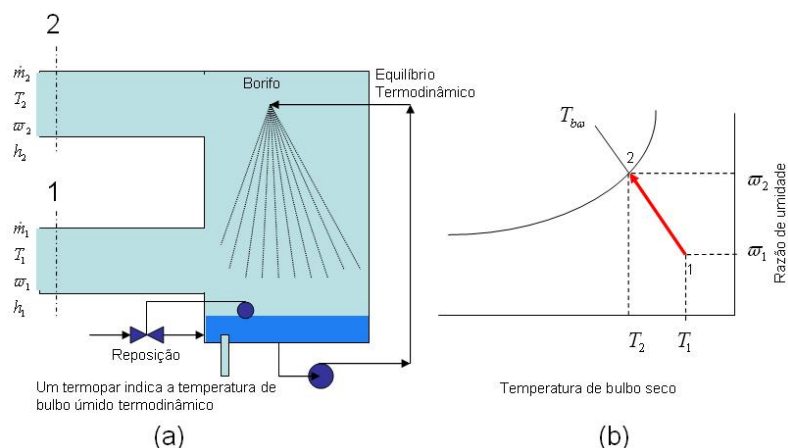


Figura 2.31 - Aquecimento do sistema de AC veicular (QUIM, 2007).

## Umidificação

O processo de umidificação pode ser feito utilizando-se a injeção de água líquida ou de vapor de água. O processo de umidificação que ocorre em um saturador adiabático é realizado através da injeção de água líquida em um equipamento isolado termicamente do ambiente com injeção de água de reposição à temperatura do ar na saída do equipamento, denominada temperatura de saturação adiabática do ar.

A Fig. 2.32 mostra o esquema de um saturador adiabático e a linha de processo que ocorre sobre a linha de temperatura de bulbo úmido constante indicada no diagrama psicrométrico.

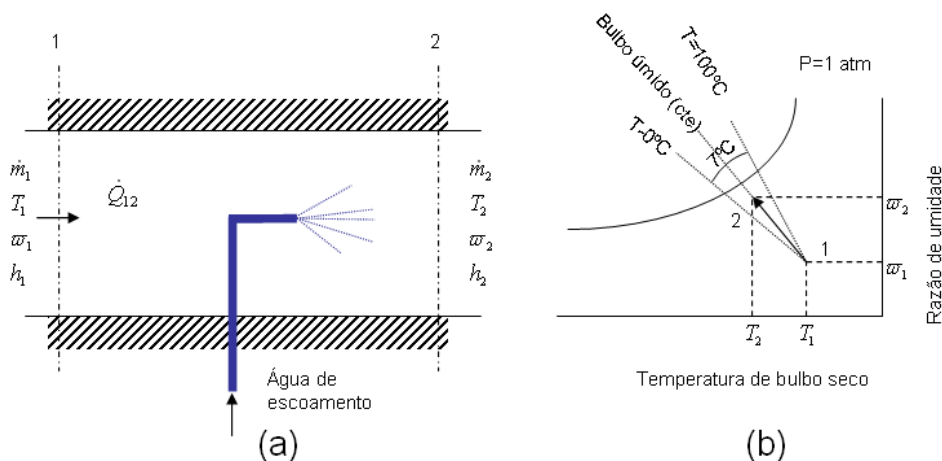


**Figura 2.32 - Saturador adiabático (a) esquema do equipamento, (b) linha de processo no diagrama psicrométrico (adaptado de STOECKER; JONES,1985).**

Processos usuais onde ocorre a injeção de água líquida à uma corrente de ar seguem aproximadamente a linha de temperatura de bulbo úmido constante, dependendo da temperatura da água adicionada.

Stoecker e Jones (1985) constataram que para uma pressão de 1 atm a linha de processo obtida para injeção de água líquido a 0 °C, difere apenas 7 °C da linha de processo obtido quando a temperatura da água é 100 °C.

A Fig. 2.33, mostra a linha de processo quando ocorre evaporação total da água adicionada. O ar que entra na câmara de aspersão no estado 1 e sai num estado 2, que estará tanto mais próximo da linha de saturação, quanto maior for a quantidade de água adicionada.



**Figura 2.33 - Processo psicrométrico de umidificação com evaporação total (a) equipamento, (b) linha de processo no diagrama psicrométrico (adaptado de STOECKER; JONES,1985).**

O balanço de massa no volume de controle envolvendo o local da injeção de água fornece a Eq. (2.29).

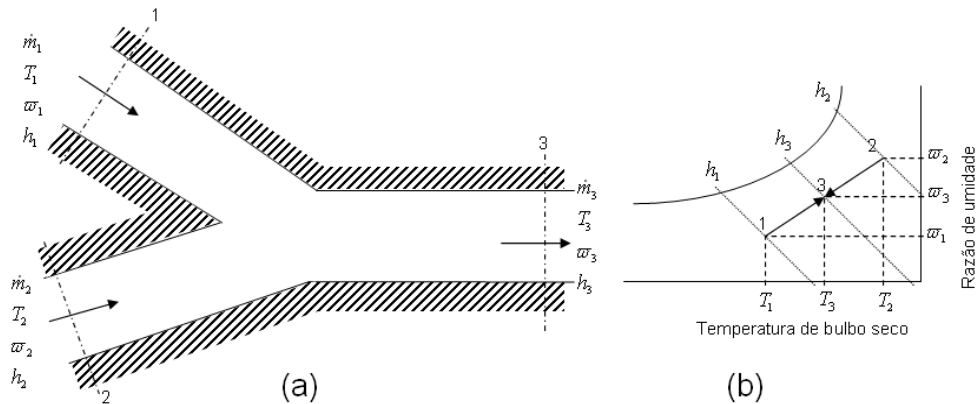
$$\dot{m}_a \cdot \varpi_1 + \dot{m}_w = \dot{m}_a \cdot \varpi_2 \quad (2.29)$$

O balanço de energia para um equipamento isolado termicamente e com variações de energia potencial e cinemática desprezíveis permite a obtenção da entalpia do ar após o processo Eq. (2.30).

$$\dot{m}_a \cdot h_1 + \dot{m}_w \cdot h_w = \dot{m}_a h_2 \quad (2.30)$$

### Mistura com outras correntes de ar

O processo de mistura de duas correntes pode ser esquematizado conforme a Fig. 2.34.



**Figura 2.34 - Esquema de mistura de duas correntes (a) Processo de misturas, (b) linha de processo no diagrama psicrométrico (adaptado de STOECKER; JONES,1985).**

A aplicação dos balanços de massa e de energia permitem a obtenção do balanço de umidade e de entalpia do ar após o processo, conforme as Eq. 2.31 e 2.32.

$$\dot{m}_{a1} \cdot \omega_1 + \dot{m}_{a2} \cdot \omega_2 = (\dot{m}_{a1} + \dot{m}_{a2}) \cdot \omega_3 \quad (2.31)$$

$$\dot{m}_{a1}.h_1 + \dot{m}_{a2}.h_2 = (\dot{m}_{a1} + \dot{m}_{a2}).h_3 \quad (2.32)$$

As equações acima mostram que tanto a razão de umidade como a entalpia do estado final 3 são as médias ponderadas entre as razões de umidade e entalpias dos estados 1 e 2. Além disso, utilizando a semelhança de triângulos, Moran e Shapiro (2009), mostraram que:

$$\frac{(h_1 - h_3)}{(h_3 - h_2)} = \frac{\dot{m}_{a2}}{\dot{m}_{a1}} \quad (2.33)$$

Da mesma forma, para a razão de umidade:

$$\frac{(\omega_1 - \omega_3)}{(\omega_3 - \omega_2)} = \frac{\dot{m}_{a2}}{\dot{m}_{a1}} \quad (2.34)$$

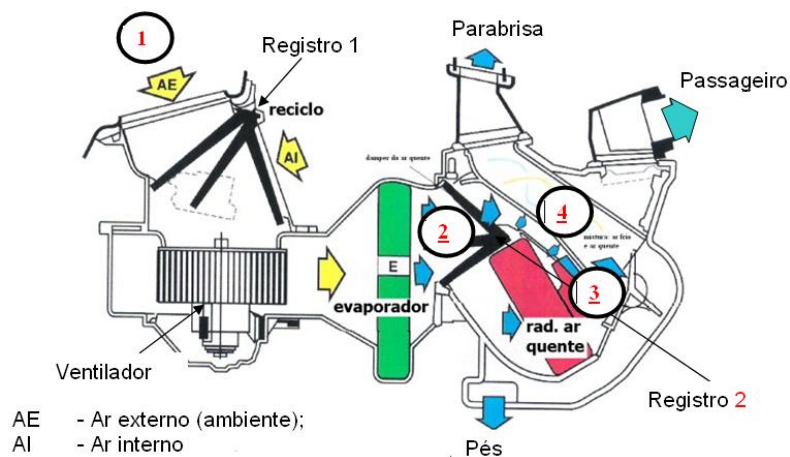
Assim, verifica-se que a relação entre as medidas dos segmentos  $\overline{13}$  e  $\overline{32}$  na carta psicrométrica é idêntica à razão entre as vazões mássicas de ar seco de cada corrente envolvida no processo.

A mistura de duas correntes de ar é um processo muito comum em condicionamento de ar. O sistema de ar condicionado veicular possui um distribuidor de ar preso ao painel do veículo, sendo utilizado para insuflar o ar dentro do habitáculo do veículo, conforme Fig. 2.35.

A admissão pode ser de ar externo (AE) ou do ar interno (AI), proveniente do habitáculo do ocupante do veículo. O processo ocorre por meio de um ventilador, normalmente cirocco, instalado na entrada da caixa de ar.

O ar interno já é parcialmente tratado, podendo ter uma temperatura inferior ao do ar externo o que reduz a carga térmica no evaporador. Esta opção é classificada por alguns construtores de veículos como “modo econômico”. De fato a válvula termostática apresentará ter uma abertura menor caso a carga térmica for reduzida, implicando em menos gás para troca de calor dentro do evaporador para garantir o grau de superaquecimento desejado.

O posicionamento da abertura deste registro é feita pelo usuário do veículo, bem como a rotação do ventilador (normalmente 4 velocidades), que caracteriza a vazão de ar que atravessa o evaporador.



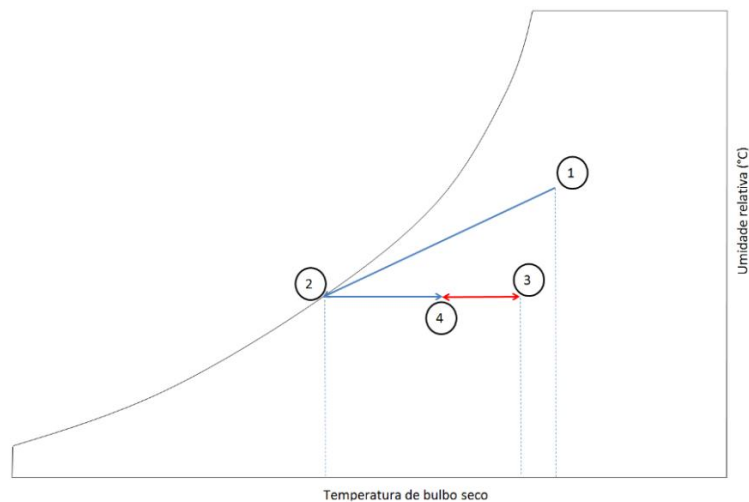
**Figura 2.35 - Interior da caixa de distribuição de ar automotivo**

(<http://k2arcondicionado.com.br/article/instalacao-ar-condicionado-automotivo-pecas.html>).

Um segundo registro dá ao ocupante do veículo a opção de selecionar a melhor condição de conforto térmico dentro do veículo, pois parte do ar resfriado pode ser reaquecido ao passar por um aquecedor, nesse caso ocorre o processo de mistura de duas correntes de ar após a passagem de parte do ar pelo aquecedor.

A Fig 2.36 mostra as linhas de processo psicrométrico sofridas pelo ar, desde sua admissão até o insuflamento na cabine do veículo:

- O processo  $\overline{12}$  representa o resfriamento do ar ao atravessar o evaporador;
- O processo  $\overline{23}$  representa o aquecimento de parte do ar que passou pelo evaporador;
- O ponto 4 indica o estado final do ar após a mistura das correntes no estado 2 com o ar no estado 3, que passou pelo aquecedor do veículo.



**Figura 2.36 – Processo psicrométrico que ocorre dentro da caixa de ar do veículo.**

## 2.2 Revisão Bibliográfica

### Sistemas experimentais desenvolvidos para testes de sistema de ar condicionado veicular

A tentativa de simulação das condições de funcionamento do sistema de ar condicionado não é novidade, outros pesquisadores já se dedicaram a este tipo de experiência, dentre eles pode-se citar os trabalhos apresentados e comentados nos itens 2.5.1 a 2.5.7.

#### 2.2.1 Jabarbo *et al.* (2002)

Jabarbo *et al.* (2002) criaram um modelo de simulação computacional e desenvolveram uma bancada de simulação, para verificação do modelo desenvolvido, conforme mostrado na Fig. 2.37.

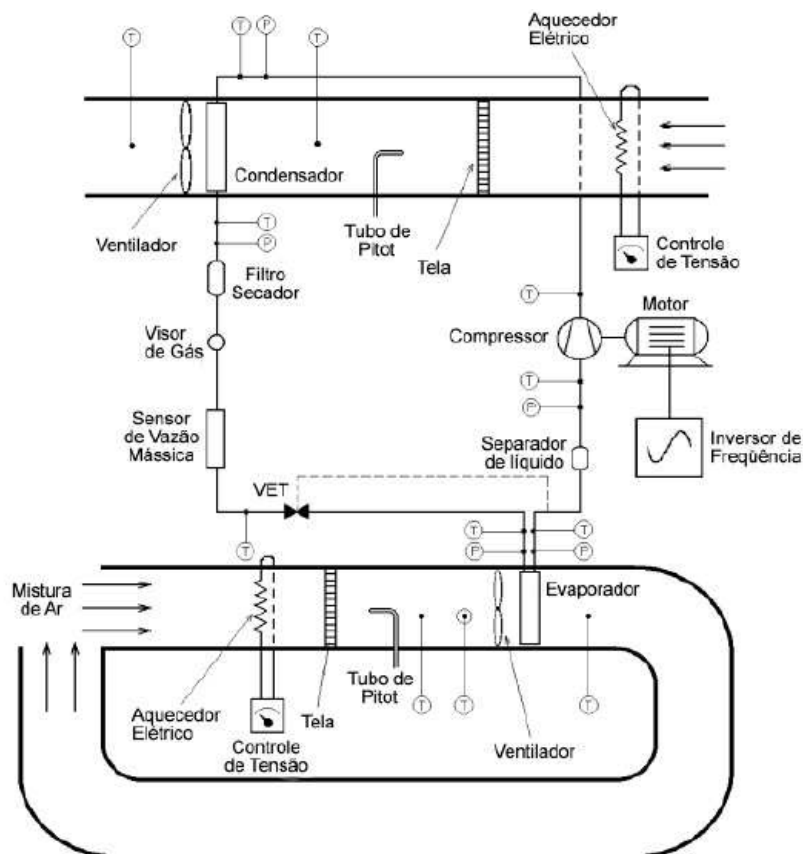
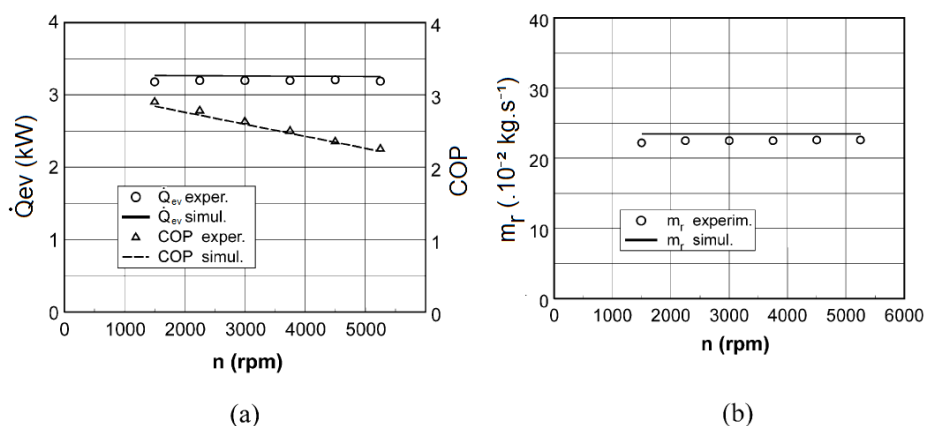


Figura 2.37 - Experimento proposto para simular o sistema de ACV (JABARDO *et al.*, 2002).

O compressor utilizado pelos pesquisadores foi o de curso variável do tipo wobble plate. Os resultados mostraram que não ocorreu variação dos efeitos da capacidade de resfriamento em função da rotação, conforme pode ser verificado na Fig 2.38 (a).

Seus resultados também mostraram que o COP diminui com o aumento da rotação [Fig. 2.38 (a)], isto ocorre devido ao aumento de atrito e à subutilização do compressor que passa a trabalhar com curso intermediário (rendimento volumétrico menor), tendo por objetivo manter a vazão mássica constante. Esse fato pode ser verificado na figura 2.38 (b), onde a vazão mássica tende a se manter constante, por consequência, a capacidade de refrigeração segue o mesmo comportamento, independentemente da rotação em que se encontrava o eixo do compressor, evidenciando que ocorreu uma mudança de curso no compressor para compensar o aumento de rotação.

Nota-se que o programa desenvolvido por Jabarbo *et al.* (2002), conseguiu simular a variação de curso do compressor em função da rotação e que a vazão mássica de refrigerante se manteve praticamente constante, conforme modelo previsto no software.

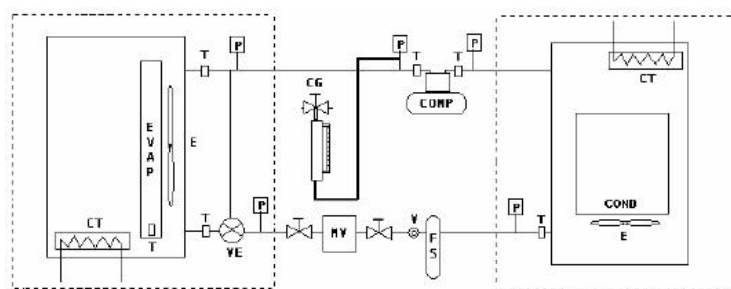


**Figura 2.38 – Comportamento da capacidade de resfriamento do COP (a) e da vazão mássica (b) em função da rotação (JABARDO *et al.*, 2002).**

### 2.2.2 Díaz (2002)

No trabalho de Díaz (2002) verifica-se a construção de uma bancada para simulação das condições de operação do ciclo de ar condicionado com o objetivo de determinar a carga de gás mais adequada ao ciclo de AC, sendo isto feito através da avaliação de desempenho térmico do sistema de ACV. O esquema e a fotografia do sistema experimental desenvolvido estão mostrados nas Figs. 2.39 e 2.40, respectivamente. O desenvolvimento e a avaliação experimental

do sistema de condicionamento de ar automotivo envolveram a análise conceitual das técnicas operativas e princípios de funcionamento submetido à influência de diferentes cargas de gás refrigerante no sistema.



CT: Carga térmica  
 CG: Cargas de Gás  
 FS: filtro secador  
 MV: Medidor do fluxo mássico  
 P: Transdutor de Pressão  
 T: Transdutor de temperatura  
 V: Visor de Refrigerante  
 E: Eletroventiladores  
 VE: válvula de expansão

Figura 2.39 - Esquema geral de montagem do aparato experimental automotivo (DÍAZ, 2002).

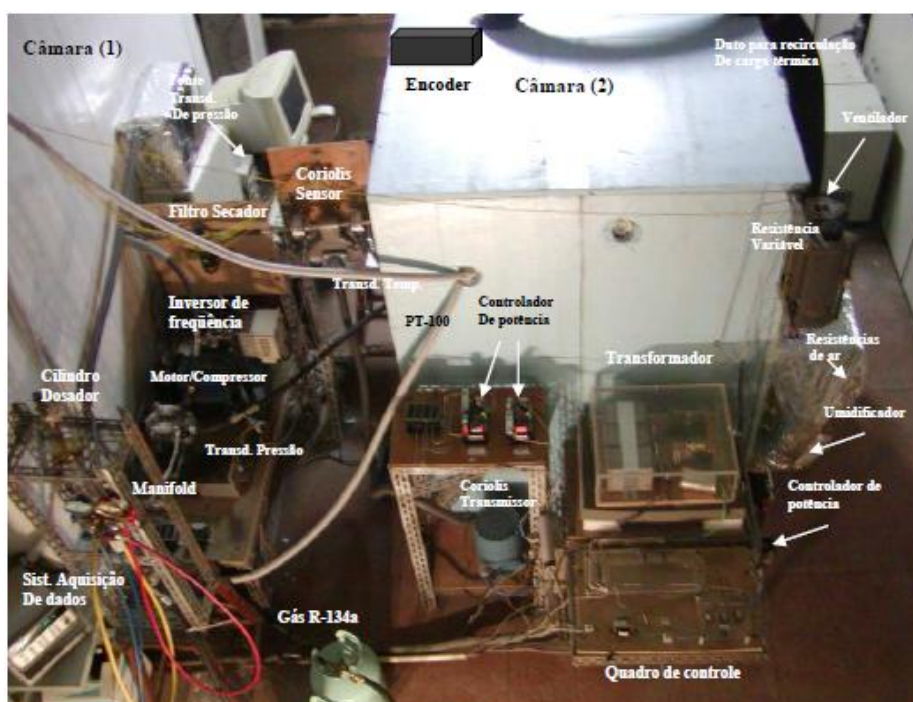
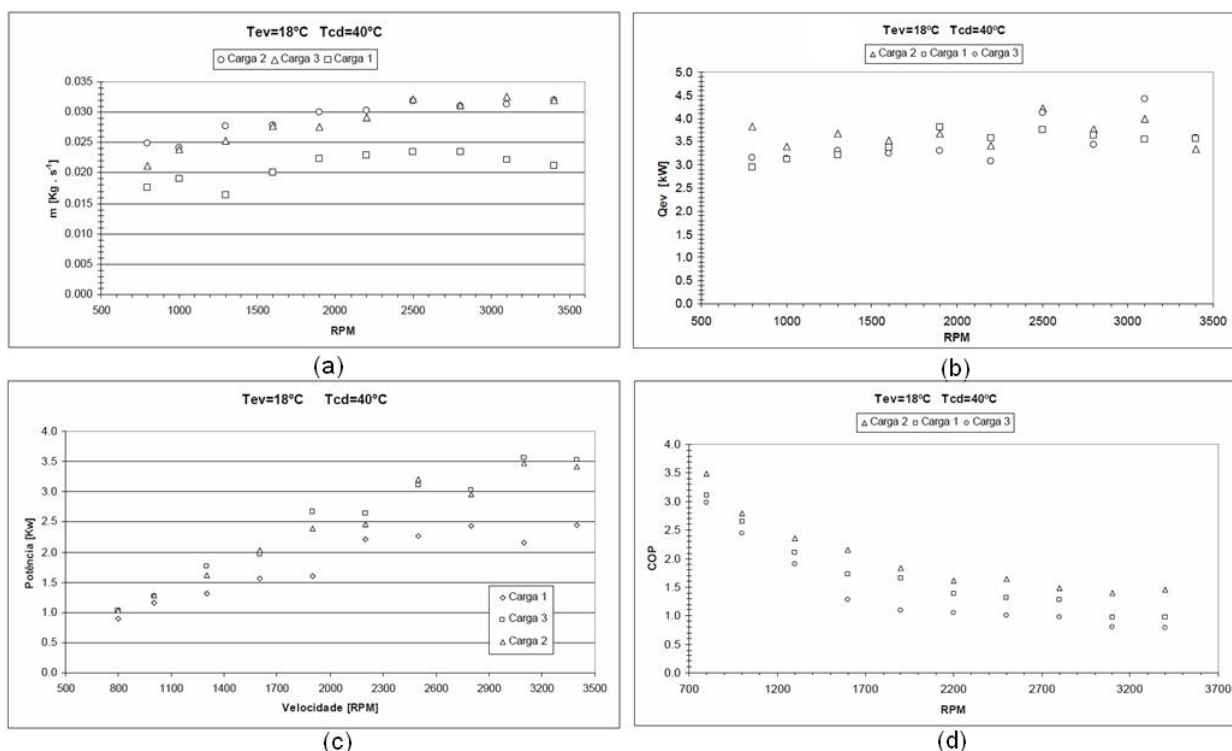


Figura 2.40 - Vista geral da bancada de Condicionamento de Ar Automotivo (DÍAZ, 2002).



Foram avaliadas três cargas: (i) 633,4 g, que apresentou ser insuficiente, (ii) 850,5 g que se mostrou mais adequada e (iii) 1050,5 g que se mostrou com sobrecarga de refrigerante. Dentre as condições de teste realizadas destacamos a análise feita para as temperaturas de 40°C no condensador e de 18 °C no evaporador, com melhor COP para a carga de gás de 850,5 g (Fig. 2.41).



**Figura 2.41 – Avaliação de vazão mássica de gás refrigerante (a) de capacidade de resfriamento (b) de potência no compressor (c) e do COP do sistema de AVC em função da rotação, para determinação da carga de gás mais adequada para o ciclo de resfriamento por compressão de vapor, (DÍAZ, 2002).**

### 2.2.3 Xuquam *et al.* (2003)

No esquema proposto por Xuquam *et al.* (2003) o carro foi colocado em uma câmara climatizada, com lâmpadas incandescentes, para simular a radiação solar e seus efeitos sobre a carga térmica, já o condensador foi retirado do veículo e colocado na extremidade de um duto ligado a um ventilador (Fig. 2.42).

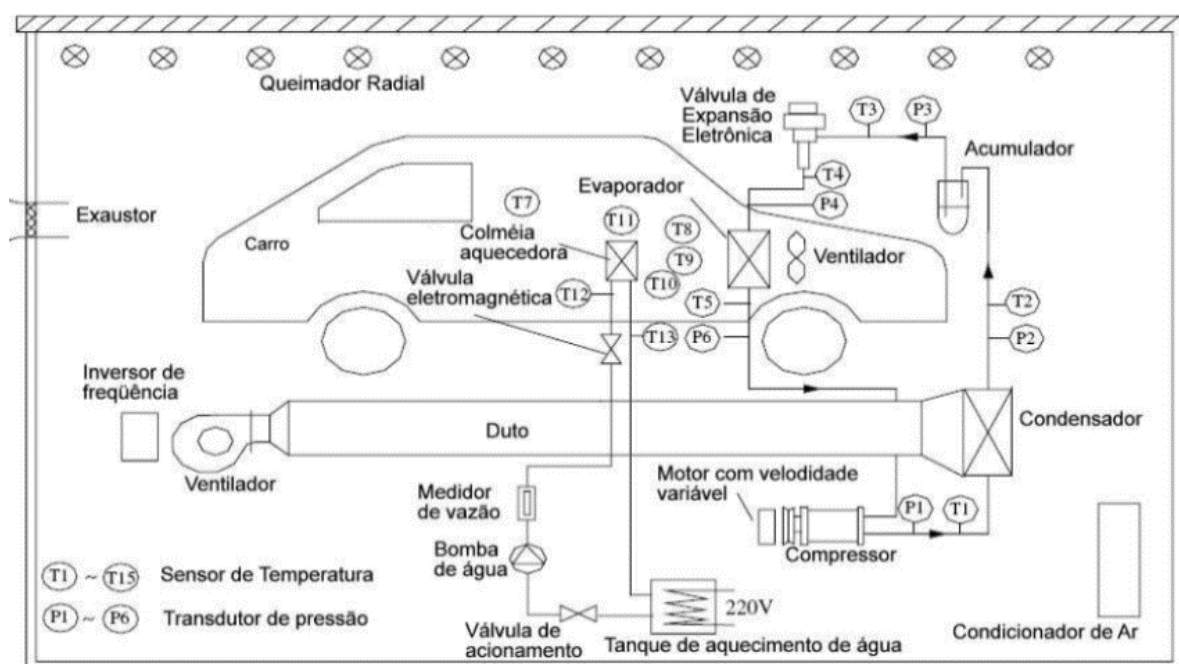


Figura 2.42 - Experimento para simular o sistema ACV (XUQUAM *et al.*, 2003).

O ciclo de resfriamento por compressão de vapor do sistema de ar condicionado veicular é constantemente influenciado por estados transitórios, de acordo com a variação da rotação do compressor, uma vez que o compressor é acionado pelo motor a combustão do automóvel.

Na maioria dos casos, o desempenho do evaporador é subutilizado, devido à falta de fluxo de refrigerante causada pelo tempo de resposta válvula de expansão termostática convencional.

Xuquam *et al.* (2003) propuseram a avaliação por comparação de dois algoritmos de controle de válvulas de expansão eletrônica (EEV) com acionamento por motor de passo, estas válvulas apresentam tempos de resposta menores que o da válvula de expansão termostática. Os algoritmos são os seguintes: (i) (PID) controle proporcional integral derivativo, que utiliza o erro entre o superaquecimento do refrigerante e os dados de entrada configurados, para gerar os pulsos elétricos que controlam o motor de passo, responsável pelo acionamento da válvula de expansão e (ii) (FSTPID) controla o ajuste dos parâmetros do algoritmo PID *online* e em tempo real. Segundo os autores, a lógica do FSTPID é construída em um conjunto de regras ou parâmetros baseados na combinação da sensibilidade razão humana, no conhecimento da instalação de ACV e nas características dos componentes utilizados no ciclo de ACV proposto.

O algoritmo usado para determinar o ajuste da válvula afeta significativamente o desempenho do sistema de ar condicionado. A diferença entre os métodos utilizados de

automação quando é utilizada uma válvula de expansão controlada por motor de passo, reduz a temperatura do ar após o evaporador em até 3°C, conforme pode ser observado na Fig. 2.43.

As condições utilizadas nas experiências foram: temperatura do ambiente de 35 °C; umidade relativa de 50 %; vazão de ar de 400 m<sup>3</sup>/ h e rotação do compressor de 1500 rpm. O intervalo de tempo de amostragem de 10 s.

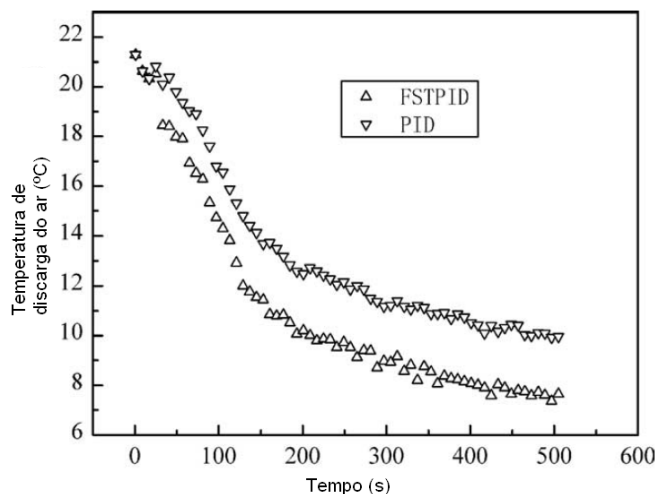


Figura 2.43, Temperatura do ar insuflado nos difusores do painel (XUQUAM *et al.*, 2003).

## 2.2.4 Kaynakli e Horuz (2003)

No experimento de Kaynakli e Horuz (2003) os componentes do sistema de ACV foram dispostos em uma bancada. O compressor utilizado é de curso fixo, com acionamento feito por um motor elétrico e controlado por um inversor de frequência, as cargas no evaporador e no compressor foram controladas por meio de ventilação forçada, conforme pode ser observado na Fig. 2.44.

A análise termodinâmica foi sustentada pela da medição das temperaturas e das pressões no condensador e no evaporador e do torque no eixo compressor. Com isso foi possível estimar a potência no eixo do compressor e a capacidade de resfriamento no evaporador.

O compressor de curso fixo aumenta a vazão de refrigerante a medida que sua rotação aumenta, aumentando também a capacidade de resfriamento no evaporador, Fig 2.42. O que por vezes é indesejado para os ocupantes do veículo. Neste caso o emprego de um sensor de temperatura que promova o desacoplamento do compressor, quando a temperatura diminui fora

da zona de conforto térmico se faz necessário, mas isto causa desgaste mecânico no compressor e no sistema de acionamento (polia com embreagem magnética).

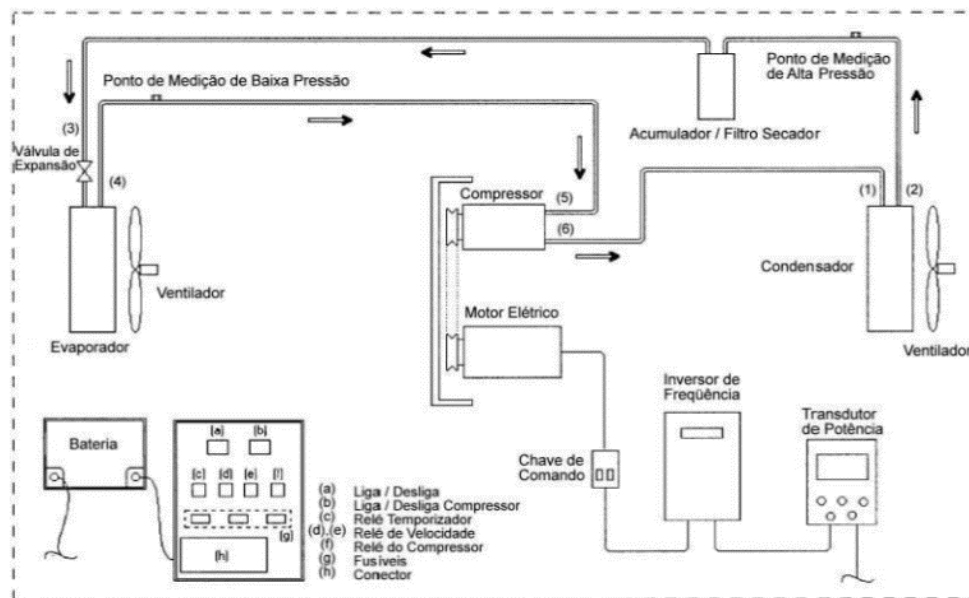


Figura 2.44 – Bancada de teste do sistema de ACV (KAYNAKLI e HORUZ, 2003).

Dentre os resultados obtidos por Kaynakli e Horus (2003), destaco aqueles em função da rotação do compressor, expostos nos gráficos das Fig. 2.45.

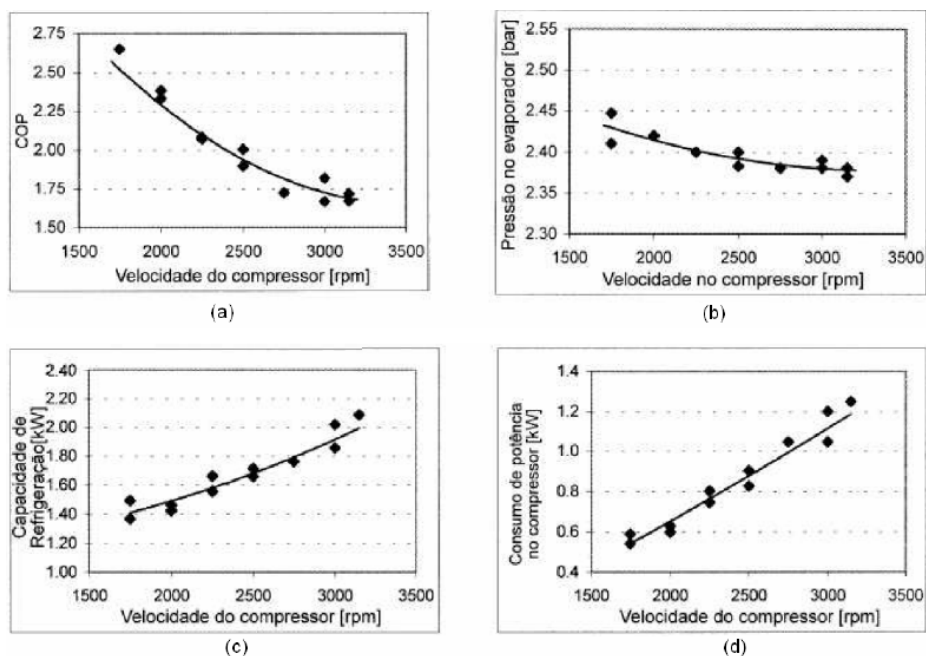


Figura 2.45 - Características do sistema de ACV em função da rotação avaliados por . Kaynakli e Horus (2003).

Nota-se que há uma tendência de aumento da capacidade de refrigeração e de consumo de potência no eixo do compressor, com o aumento da rotação do compressor, enquanto que o COP e a pressão no evaporador diminuem.

### 2.2.5 Petroski (2005)

Para simular os efeitos térmicos aos quais um veículo é submetido, Petroski (2005) utilizou uma câmara climatizada que permitiu controlar a temperatura do ambiente sobre o condensador. Os efeitos da carga térmica foram gerados por um dispositivo que controlava a temperatura do ar na entrada do evaporador, simultaneamente permitia a medição da refrigeração no sistema de AC.

O motor do veículo foi substituído por um motor elétrico ligado a um inversor de frequência, possibilitando ajustar a velocidade de rotação do compressor, conforme é mostrado na Fig. 2.46.

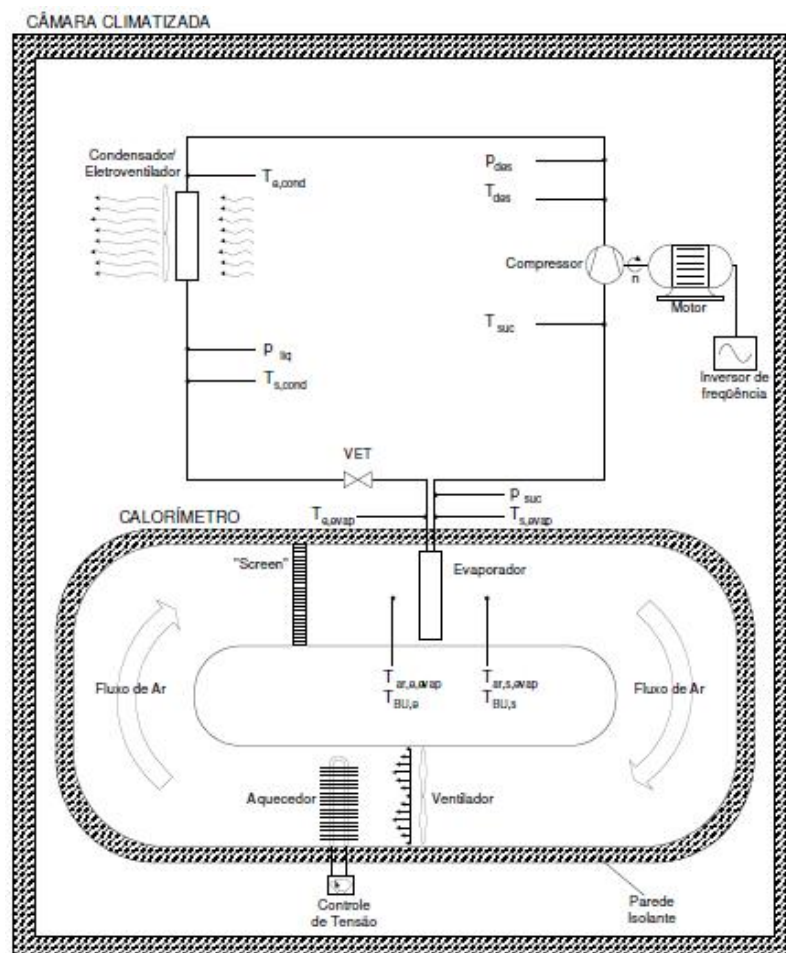


Figura 2.46 – Bancada de teste do sistema de ACV (PETROSKI, 2005).

Segundo Petroski (2005) os componentes utilizados em seu experimento são do veículo da marca Toyota Corolla (2005), doados pela Denso, de onde é possível concluir que o compressor utilizado é de curso variável do tipo *swach plate*. Os resultados obtidos por Petroski em função da rotação podem ser visualizados na Fig. 2.47.

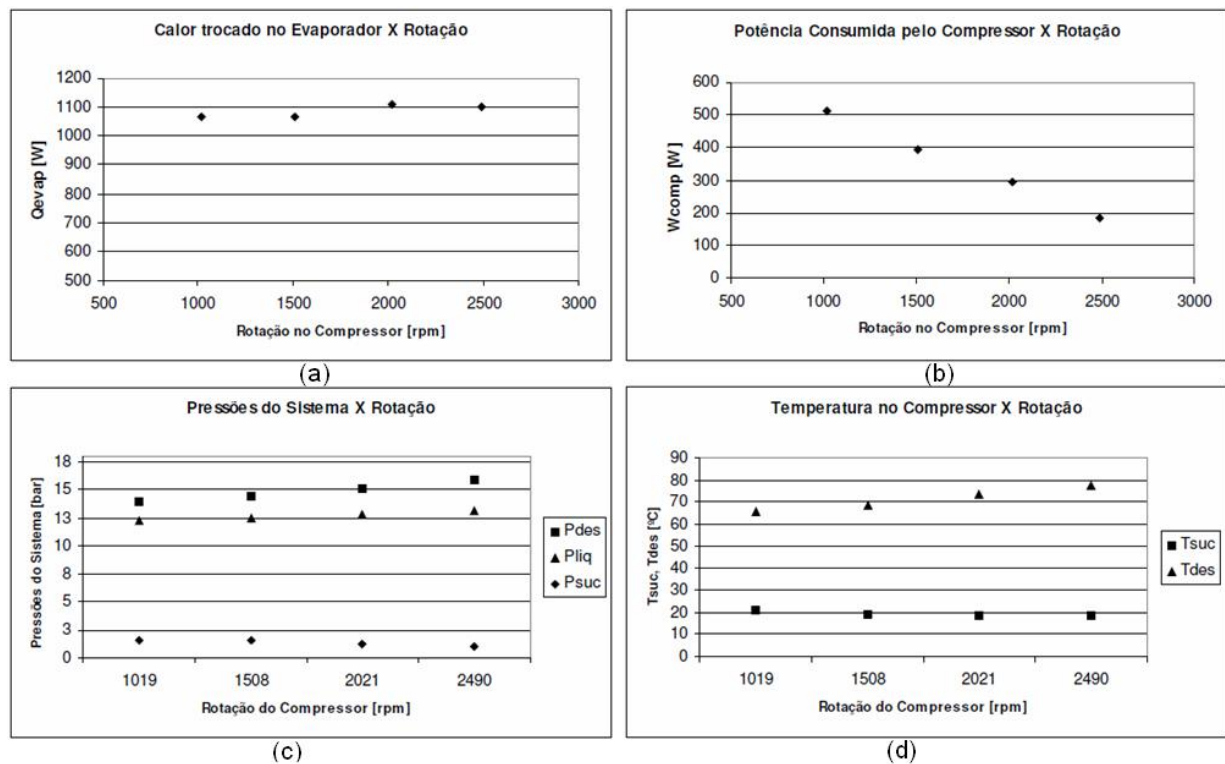


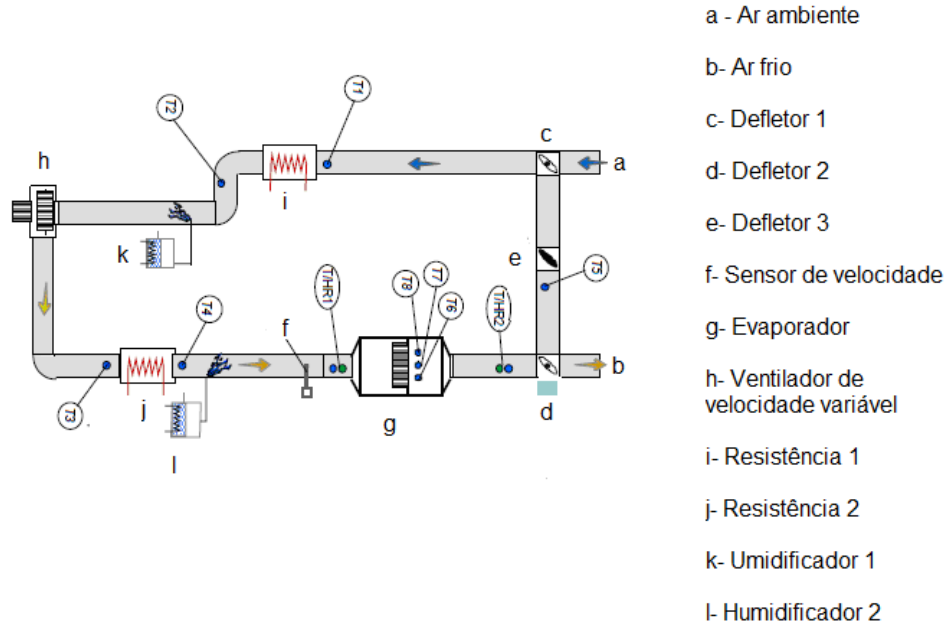
Figura 2.47 – Comportamento do sistema de ar condicionado avaliado por Petroski, (2005).

Nota-se que a potência consumida no eixo do compressor diminui com o aumento da rotação. Em contra partida, a pressão no condensador tem um ligeiro aumento, devido ao fechamento da válvula termostática a medida que o evaporador diminui sua temperatura, mantendo sua pressão de evaporação constante, exigindo assim menos gás do compressor, que corrige seu curso com esta solicitação.

## 2.2.6 Benouali e Clodic (2005)

O trabalho proposto por Benouali e Clodic (2005) avaliou em bancada as principais diferenças entre controle interno (convencional/mecânico) e externo (automatizado) da válvula de controle em compressores variáveis do tipo *swash plate* (Fig. 2.48).

Os testes foram realizados em condições de carga térmica semelhantes (em 3 temperaturas 25°C, 35°C e 45°C), estabelecendo assim a melhor relação entre o controle proposto, o conforto térmico e o consumo de energia no sistema.



**Figura 2.48 – Bancada para teste do sistema de ACV (BENOAULI; CLODIC, 2005)**

O modelo proposto de análise considerou a potência e a eficiência do compressor definidas pelas Eqs. 2.35 a 2.38:

Potência mecânica ( $P_{mec}$ ):

$$P_{mec} = \frac{2 \cdot \pi \cdot C \cdot N}{60} \quad (2.35)$$

Eficiência volumétrica ( $\eta_{vol}$ ):

$$\eta_{vol} = \frac{\dot{m}_R}{Q_{ev} \cdot \rho_{suc} \cdot \frac{N}{60}} \quad (2.36)$$

Eficiência isoentrópica ( $\eta_{is}$ ):

$$\eta_{is} = \frac{h_{dis} - h_{suc}}{h_{dis} - h_{suc}} \quad (2.37)$$

Eficiência mecânica ( $\eta_{mec}$ ):

$$\eta_{mec} = \frac{\dot{m}_R \cdot (h_{dis} - h_{suc})}{2 \cdot \pi \cdot C} \quad (2.38)$$

Onde  $C$ ,  $N$ ,  $\rho_{suc}$ ,  $h_{dis}$ ,  $h_{suc}$  e  $\dot{m}_R$  são torque no eixo do compressor, rotação, massa específica do ar seco na sucção, entalpia do refrigerante na descarga, entalpia do refrigerante na sucção e fluxo de massa de refrigerante, respectivamente.

Os compressores com controle externo (válvula de controle automatizada) apresentaram uma melhora no COP de cerca de 40%.

### 2.2.7 Moura (2007)

Moura (2007) realizou estudos de aprimoramentos em sistema de climatização veicular para melhoria de condições ambientais de cabine e redução do consumo de combustível.

Seu estudo abrangeu aprimoramentos tanto na caixa de ar quanto no ciclo de refrigeração. A avaliação do impacto dos aprimoramentos foram realizados testes de desempenho do sistema de climatização, com o veículo em câmara climatizada, na obtenção de condições ambientais de cabine controladas (Fig. 2.49).



Figura 2.49 - Veículo instrumentado em uma câmara climatizada com dinamômetro,(MOURA, 2007).



Os testes de desempenho do sistema de climatização foram executados inicialmente com o sistema convencional de ar condicionado, sem nenhuma modificação (sistema de referência).

Seus resultados mostraram que os aprimoramentos possibilitaram melhorar as condições ambientais na cabine do veículo, atingindo-se as condições ambientais estipuladas pelo fabricante do veículo. Além disso, seus estudos focaram-se na comparação entre a utilização de compressor com pistões de deslocamento variável. A redução de consumo de combustível com a utilização de compressões de curso variável é cerca de 5% em relação ao compressor com pistões de deslocamento fixo.

Na tabela 2.2 nota-se que a diferença de consumo de combustível com o compressor acionado e desligado foi da ordem de 11,54% para o compressor de curso fixo e de 4,5% para o de curso variável, fato que justifica o emprego deste tipo de compressor.

**Tabela 2.2 Resultados dos testes de consumo de combustível (km/L), (MOURA, 2007).**

Configuração do teste	Tráfego em Cidade			Tráfego em Estrada			Consumo Combinado		
	Teste 1	Teste 2	Teste 3	Teste 1	Teste 2	Teste 3	Teste 1	Teste 2	Teste 3
Veículo Normal de Produção com o A/C Desligado	11,157	11,071	11,114	15,689	15,768	15,729	13,196	13,184	13,19
Veículo Normal de Produção com o A/C Ligado	9,581	9,633	9,607	14,278	14,152	14,215	11,695	11,667	11,681
Veículo com o Compressor Variável	10,184	10,114	10,149	14,870	14,637	14,757	12,293	12,150	12,222
Melhoria			5,34%			3,65%			4,42%

## 2.2.8 Análise da revisão da literatura

Com a revisão da literatura foi possível reavivar conceitos teóricos importantes para a análise de sistemas de ACV e auxiliou no levantamento de equações para o projeto da bancada.

Além disso, verificou-se que os conceitos abordados nas bancadas propostas por Díaz (2002), Benouali e Clodic (2005), Pretroski (2005), Jabarbo *et al.* (2002) e Kaynakli e Horuz (2003), Xuquam *et al.* (2003) e Moura (2007) serviram de modelo e inspiração para a construção da bancada e desenvolvimento dos testes proposta.

Os resultados obtidos pelos pesquisadores citados anteriormente são referência para as possíveis aplicações que uma bancada de ACV precisa considerar.

O diferencial explorado por este trabalho foi a utilização de um motor a combustão instalado em uma bancada dinamométrica, algo até então inédito nas bancadas propostas.

Todos os testes propostos nos experimentos realizados pelos pesquisadores mencionados no item 2.5 podem ser reproduzidos no projeto proposto neste trabalho. Outro fator importante é a flexibilidade de movimentação e instalação da bancada, o que não é permitido para o conceito de cabine climatizada. O conceito proposto também dispensa o uso de um veículo completo para realização dos testes, o que é uma grande vantagem.

### **3. DIMENSIONAMENTO DOS COMPONENTES DA BANCADA DE TESTE PARA VERIFICAÇÃO DO SISTEMA DE ACV**

Este capítulo é dedicado a apresentar as premissas de projeto, o dimensionamento dos componentes do sistema experimental, a automação da bancada de testes, a metodologia adotada nos testes experimentais, a análise termodinâmica do ciclo de compressão de vapor do sistema de ACV e a instrumentação disponível no banco dinamométrico, onde os testes foram realizados.

#### **3.1 Disposição dos componentes do sistema experimental**

Uma das premissas de projeto, para a construção da bancada de testes do sistema de ACV é a capacidade de ser instalada em uma sala ou cabine, que contenha um banco dinamométrico, conforme apresentado na Fig. 3.1. A bancada deve permitir a avaliação do torque, da potência e do consumo de combustível em função da rotação de motores a combustão interna, atendendo assim a um dos objetivos desse projeto, que é o de mensurar a influência do sistema de ACV sobre as curvas características do motor a combustão interna.

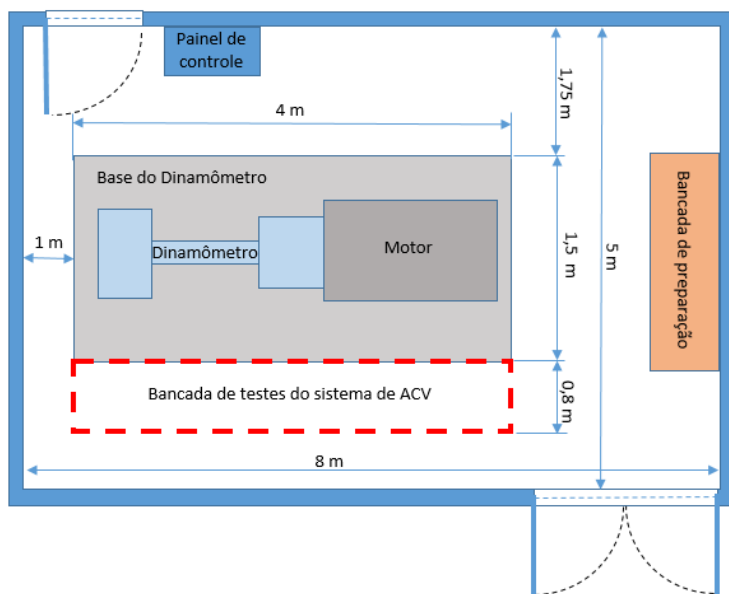


Figura 3.1 - Esquema da distribuição dos elementos dentro da cabine do dinamômetro

A linha tracejada, indicada no esquema da sala dinamométrica da Fig. 3.1, corresponde à área disponível para a instalação da bancada de testes do sistema de ACV, que corresponde a 3,2 m<sup>2</sup>. Em função desta disposição as dimensões externas da bancada foram definidas.

### 3.1.1 Meios auxiliares de medição disponíveis na cabine dinamométrica

Dentro da cabine dinamométrica foi disponibilizado um dinamômetro (marca Schenck W130 de 130 kW e precisão de  $\pm 1$  Nm de corrente de Foucault), Fig. 3.2. Para medir o consumo de combustível foi utilizada uma balança gravimétrica da marca AVL modelo 73 de precisão de  $\pm 0,2$  g (Fig. 3.3).



Figura 3.2 – Dinamômetro de 130 kW



Fig. 3.3 Balança gravimétrica

O motor disponibilizado para o teste tem cilindrada de 1,6 L – com tecnologia bicomustível – sendo que o combustível utilizado nos testes foi a gasolina (E22). Este motor de testes foi especificado tecnicamente para atingir 76 kW de potência em plena carga (Fig. 3.4).

Na Fig. 3.4 é possível verificar o motor a combustão interna instalado no palete do dinamômetro.

O refrigerante utilizado é o R134a e o tipo de compressor montado foi o de curso variável tipo “*swash-plate*” com 135 cc de cilindrada (Fig. 3.5). O circuito utiliza válvula de expansão termostática instalada na entrada do evaporador, conforme apresentado na Fig 2.21.

A caixa de ar utilizada no experimento é semelhante à apresentada na Fig. 2.23.

O condensador utilizado no sistema tem um sistema de sub-resfriamento, conforme apresentado na Fig. 2.20.



**Figura 3.4 –Motor instalado no banco dinâmico.**



**Figura 3.5 - Compressor do sistema de ACV instalado no motor a combustão.**

### 3.2 Condições climáticas inicialmente desejadas

O projeto foi desenvolvido visando à simulação de diferentes climas existentes no Brasil. Na Tab. 3.1 são mostradas as condições ambientais de cidades adotadas como referência no desenvolvimento.

**Tabela 3.1 - Condições climáticas utilizadas como modelos a serem simulados**  
(<http://www.climatempo.com.br/>)

Clima	Tropical	Tropical Semi-árido	Costal Úmido	Subtropical	Costal Úmido
Referência	Teresina	Juazeiro	Vitória	Curitiba	São Paulo
Temperatura média (°C)	40	36	28	22	25
Umidade Relativa (%)	30	14	75	77	75

Tomando por base esses valores, foram definidas as propriedades do ar a ser insuflado pela bancada sobre o evaporador, instalado dentro da caixa de distribuição de ar (Fig. 2.23) do sistema de ACV. Com isso a válvula termostática antes do evaporador é excitada, com carga térmica controlada e em regime permanente, efeito desejado para que as pressões de sucção ( $P_{suc}$ ) e de descarga ( $P_{des}$ ) do compressor sejam simuladas.

Para efeito de dimensionamento dos componentes da bancada, as vazões de ar que passam através dos trocadores de calor do sistema de ACV ( $\dot{m}_{a;cd}$  e  $\dot{m}_{a;ev}$ ), e que fazem parte do equacionamento das cargas térmicas no condensador ( $\dot{Q}_{cd}$ ) e no evaporador ( $\dot{Q}_{ev}$ ) respectivamente, foram obtidas da seguinte maneira:

- Vazão de ar que passa através do evaporador ( $\dot{m}_{a;ev}$ ) ajustada pelo usuário do veículo, depende do conforto térmico desejado. No presente trabalho foi considerada a vazão máxima disponível na caixa de distribuição de ar;
- Vazão de ar que passa através do condensador, depende da velocidade do veículo, para efeito de dimensionamento. Foi adotada a vazão máxima na condição de velocidade máxima do veículo, estimada via CFD.

Maiores detalhes destes valores são observados nos itens deste capítulo referente ao dimensionamento dos ventiladores que insuflam ar através dos trocadores de calor do ciclo de compressão de vapor do sistema de ACV [itens 3.3.1 (i) e 3.3.2].

O controle das pressões de condensação e de evaporação, ou descarga e sucção ( $P_{des}$  e  $P_{suc}$ ), caracterizam a quantidade de potência ( $\dot{W}_{cp}$ ) necessária para colocá-lo em operação, conforme condições de teste do veículo.

Dentre estes climas apresentados na Tab. 3.1, o de Teresina é considerado o mais crítico. Salienta-se que testes de validação veicular do sistema de ACV são normalmente executados (em túnel de vento) nestas condições de operação. Adicionalmente sabe-se que em Teresina são executados diversos testes veiculares por montadoras instaladas no Brasil, com o objetivo de validar a utilização do sistema de ACV.

### 3.3 Hipóteses adotadas no dimensionamento da bancada

A bancada construída foi inspirada no esquema dos calorímetros utilizados nas experiências apresentadas no Cap. 2, dentre elas destacamos os modelos de Jabarbo *et al.* (2002), Díaz (2002), Kaynakli e Horuz (2003) e Petroski (2005).

Conforme mencionado, o controle das condições de operação do sistema de ACV está diretamente ligado à troca de calor nos dois trocadores de calor evaporador e condensador, do ciclo de compressão de vapor, portanto a abordagem analítica e experimental foi dividida, em módulos, que permitissem o controle destas trocas de calor.

Módulo evaporador: permite que uma carga térmica pré-determinada ( $\dot{Q}_{ev}$ ) passe pelo evaporador, excitando a válvula termostática, por meio do controle da vazão em massa ( $\dot{m}_{a;ev}$ ), da temperatura ( $T_{a;ev}$ ) e da umidade relativa do ar ( $\phi_{a;ev}$ ), que é admitida pelo ventilador da caixa de distribuição de ar. Este procedimento dispensa a construção de um túnel de vento ou câmara térmica para ensaiar o evaporador e conserva as características de admissão do ar externo e do ar de insuflamento no painel do veículo. É desejável também, que a bancada a simule a condição de recirculação, na qual é aproveitado parte do ar interno da cabine no condicionamento de ar.

Módulo condensador: permite o controle da pressão de condensação ( $P_{cd}$ ) no condensador por meio de um aumento ou diminuição da vazão de ar que passa através do condensador. Isto se dá, devido ao controle da rotação do motor elétrico de um ventilador do tipo siroco, por um inversor de frequência. O aumento ou diminuição da vazão de ar ( $\dot{m}_{a,cd}$ ) ocasiona o aumento ou a redução da taxa de transição de calor no condensador ( $\dot{Q}_{cd}$ ) dada pela equação 3.1.

$$\dot{Q}_{cd} = \dot{m}_{a,cd} \cdot A_{cd} \cdot U_{cd} \cdot \Delta Tlm \quad (3.1)$$

Onde ( $A_{cd}$ ) é a área de troca de calor a troca de calor no condensador, ( $U_{cd}$ ) é o coeficiente global de troca de calor e ( $\Delta Tlm$ ) é a diferença média logarítmica de temperatura no condensador. Este módulo permite simular as condições de operação do condensador instalado na frente do veículo.

Estes dois módulos foram dimensionados de modo a manter os critérios de flexibilidade de operação em qualquer banco dinamométrico com o espaço especificado na Fig. 3.1.

### 3.3.1 Módulo Evaporador

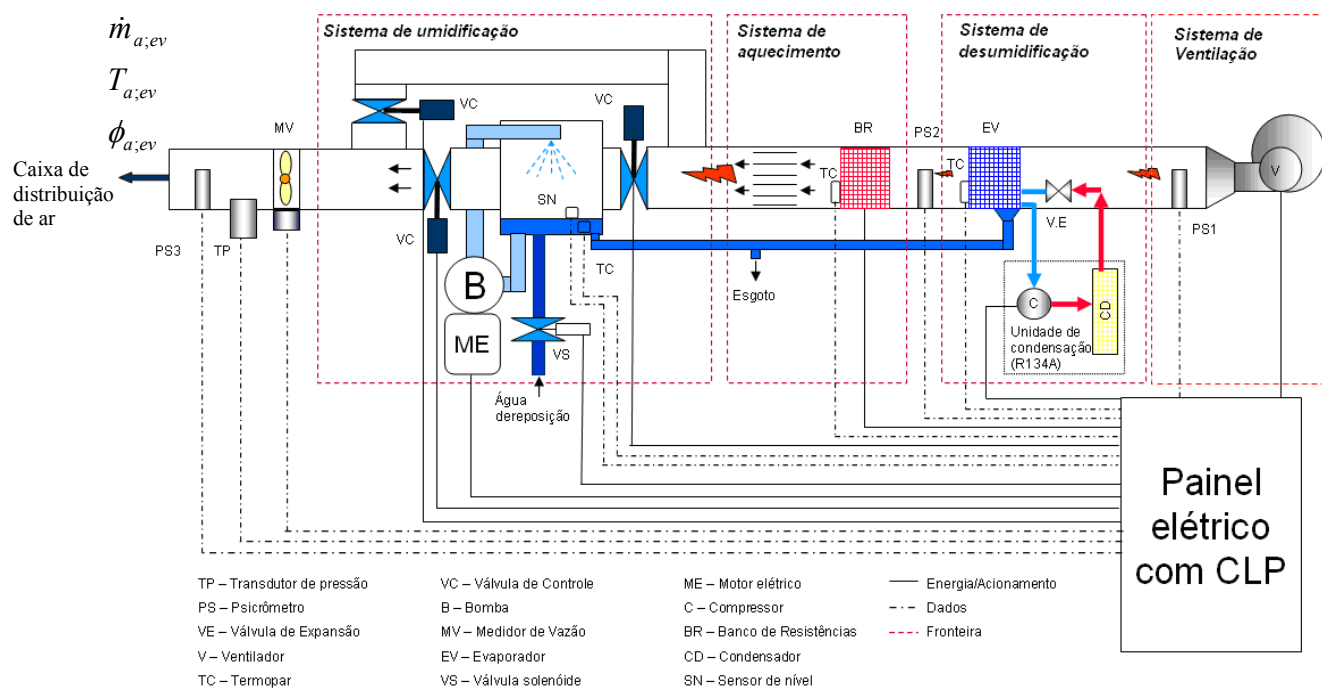
Para que a temperatura e a umidade desejadas fossem atingidas, o Módulo Evaporador foi desenvolvido contendo os seguintes sistemas:

- i) Sistema de ventilação;
- ii) Sistema de desumidificação;
- iii) Sistema de aquecimento;
- iv) Sistema de umidificação.

O dimensionamento, a construção e a automação deste módulo levaram em consideração conceitos de ventilação, para controle da vazão do ar insuflado na caixa de ar ( $\dot{m}_{a,ev}$ ) e de processos psicrométricos tais como resfriamento, desumidificação, aquecimento e umidificação



do ar, apresentados no Cap. 2, item 2.4, para controle da temperatura ( $T_{a,ev}$ ) e da umidade relativa ( $\phi_{a,ev}$ ) do ar insuflado. Estes sistemas estão dispostos no esquema apresentado na Fig. 3.6.



**Figura 3.6 - Esquema do módulo evaporador**

Neste esquema, nota-se que o ar admitido passa por um processo de secagem, em um sistema de desumidificação por condensação do vapor de água existente no ar, mesmo princípio utilizado por Carrier em 1902, citado no Cap. 2, item 2.1, sendo posteriormente aquecido na temperatura escolhida para o teste em um sistema de aquecimento por resistências elétricas. Na sequência o ar seco e aquecido é dividido em duas correntes de ar. Este *by-pass* faz com que parte do ar passe por um sistema de umidificação, onde um bico injetor expelle água contra a corrente de ar, no outro ramal o ar seco segue, até uma bifurcação, onde se encontra com o ar que passou pelo processo de umidificação. Três válvulas com motor de passo (VC) são responsáveis por controlar estas vazões e consequentemente a umidade relativa ( $\phi_{a,ev}$ ) da mistura de correntes.

Um psicrômetro (PS3) emite um sinal analógico de umidade relativa ( $\phi_{a,ev}$ ) e de temperatura de bulbo seco ( $T_{a,ev}$ ) ao CLP (Controlador Lógico Programável), que comanda os

motores de passo instalados nas hastes válvulas de gaveta de 3 polegadas. O sinal de temperatura de bulbo seco ( $T_{a,ev}$ ) é utilizado no controle de três relês de estado sólido, que acionam resistências elétricas contidas em um banco de resistências (BR), no sistema de aquecimento do ar.

### **i) Sistema de ventilação**

O componente veicular do sistema de ACV, caixa de distribuição de ar, mostrado na Fig. 2.23, é utilizado no módulo evaporador como corpo de prova a ser testado. Dentro da caixa de distribuição de ar está o evaporador, a válvula de expansão, um ventilador e os registros que controlam o insuflamento de ar no painel do veículo, conforme mostrado na Fig. 2.22.

O sistema de ventilação proposto tem a função de disponibilizar a vazão de ar ( $\dot{m}_{a,ev}$ ) na quantidade requerida pela da caixa de distribuição de ar.

Para estimar esta vazão, utilizou-se um anemômetro de fio quente, com precisão de  $\pm 0,1$  m/s, para medir a velocidade máxima do ar ( $u^*$ ) nos 4 bocais do distribuidor de ar.

A velocidade média do ar por bocal foi estimada pela Eq. 3.2, que considera um perfil de velocidades plenamente desenvolvido na saída do bocal, este método é baseado na solução recomendada por (FOX; MCDONALD, 1998), para determinação da vazão em perfis não circulares:

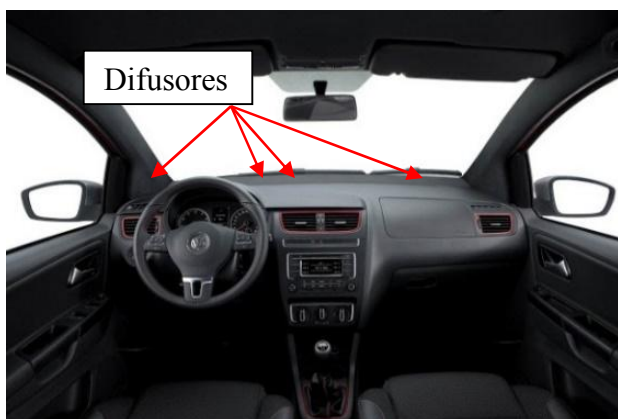
$$u = \frac{2}{3} u^* \quad (3.2)$$

Ainda de acordo com FOX e MCDONALD (1998), para secções de tubo não circulares adota-se o conceito de diâmetro hidráulico ( $Dh$ ), que é dado pela fórmula:

$$Dh = \frac{4.A_b}{P_b} \quad (3.3)$$

Onde  $A_b$  é a área molhada e  $P_b$  é o perímetro do duto, o diâmetro hidráulico equivalente aos 4 bocais de insuflamento foi de 232,4 mm.

Na Fig. 3.7a é mostrado os quatro difusores de ar no painel do veículo, que recebem ar dos 4 bocais da caixa de distribuição de ar, onde foi realizada a medição da velocidade máxima ( $u^*$ ), por meio do anemômetro apresentado na Fig. 3.7b.



a) Bocal de saída da caixa de ar do veículo



b) Anemômetro de fio quente Extech SDL350

Figura 3.7 – Bocal de insuflamento de ar e anemômetro de fio quente

Nestes mesmos bocais é medida a temperatura e a umidade relativa do ar que passa, através de um psicrômetro, de modo a determinar a massa específica do ar ( $\rho_{ar}$ ).



Figura 3.8 - Psicrômetro RHT 323 da Novus

O modelo de psicrômetro adotado é o da empresa NOVUS, modelo RHT 323 (Fig. 3.8), o mesmo posteriormente utilizado na bancada do sistema de ACV, com precisão de  $\pm 1\%$  em toda a faixa de medição e temperatura:  $\pm 0,1$  °C de -19,9 até 100 0 °C, cujo *folder* se encontra no anexo C.

A medição em cada um dos difusores de ar do painel do veículo é feita com o objetivo de preservar as perdas de carga, mantendo o que ocorre originalmente quando o sistema de ACV está em operação, em cada um dos bocais do painel é medida a velocidade máxima de insuflamento.

Esta mesma vazão máxima estimada foi utilizada para determinar a quantidade de ar que o módulo evaporador tem que disponibilizar para atender a demanda do evaporador.

A soma das vazões nos bocais do painel foi de 0,155 m<sup>3</sup>/s, a 25°C e 70% de umidade relativa, o que corresponde a uma vazão mássica ( $\dot{m}_{a;ev}$ ) de aproximadamente 0,155 kg/s.

Como um tubo de 10 polegadas, ou 254 mm, tornaria a bancada muito grande e cara, com componentes muito robustos, optou-se por dimensionar o sistema com o diâmetro ( $D_d$ ) de 3 polegadas ou 76,2 mm.

O cálculo da perda de carga em dutos de sistema de ventilação utiliza os mesmos conceitos e metodologia dos sistemas de bombeamento. Referências fundamentais para o dimensionamento de sistemas de ventilação e exaustão, pela atualidade, quantidade e qualidade da informação disponibilizada, são as publicações (*Handbooks*) da ASHRAE – *American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers* (especialmente o *Hanbook of Fundamentals* e o *Handbook of Applications*), as quais não se deve deixar de consultar quando do cálculo da perda de carga em sistemas de ventilação.

A perda de carga por atrito em dutos retos ( $Z_d$ ) é calculada pela equação de Darcy-Weisbach (Eq. 3.4):

$$Z_d = f \frac{L}{D_d} \cdot \frac{u^2}{2g} \quad (3.4)$$

A nomenclatura é a mesma utilizada para escoamentos de líquidos em tubulações, onde ( $f$ ) é o coeficiente de atrito é obtido pelo diagrama de Moody, ( $L$ ) é o comprimento do tubo.

O número de Reynolds (Re) é dado pela Eq. 3.5 e ( $\mu_a$ ) é a viscosidade dinâmica do ar.

$$Re = \frac{\rho_a \cdot u \cdot D_d}{\mu_a} \quad (3.5)$$

Lembrando que, caso o número de Reynolds (Re) for menor que 2000, o escoamento torna-se laminar e o coeficiente de atrito independe da rugosidade, sendo válida a Eq. 3.6.

$$f = \frac{64}{Re} \quad (3.6)$$

A rugosidade absoluta da chapa de aço inox é igual a 0,00015 m.

A perda de carga em singularidades ( $Z_s$ ) (curvas, contrações, expansões, *dampers*, filtros, serpentinas, trocadores de calor, abafadores de ruído, etc) é calculada através pela Eq.3.7:

$$Z_s = K \cdot \frac{u^2}{2g} \quad (3.7)$$

Onde o coeficiente de proporcionalidade ( $K$ ) é determinado experimentalmente, para o projeto, adotou-se as tabelas e ábacos do livro de MACYNTIRE (1987).

A perda de carga por atrito é a somatória das perdas de cargas dos trechos retos e das singularidades, conforme apresentado na Eq. 3.8.

$$Z = \sum_{n=1}^n Z_{dn} + \sum_{m=1}^m Z_{sm} \quad (3.8)$$

A Tab. 3.2 apresenta a soma das perdas de carga ( $Z$ ) no projeto inicial, do esquema proposto na Fig. 3.9 para uma tubulação de diâmetro 3 polegadas.

A curva de perda de carga no evaporador é fornecida pelo fabricante, neste caso o evaporador utilizado no sistema é o mesmo utilizado em veículos, facilitando a obtenção e diminuindo os custos de projeto.

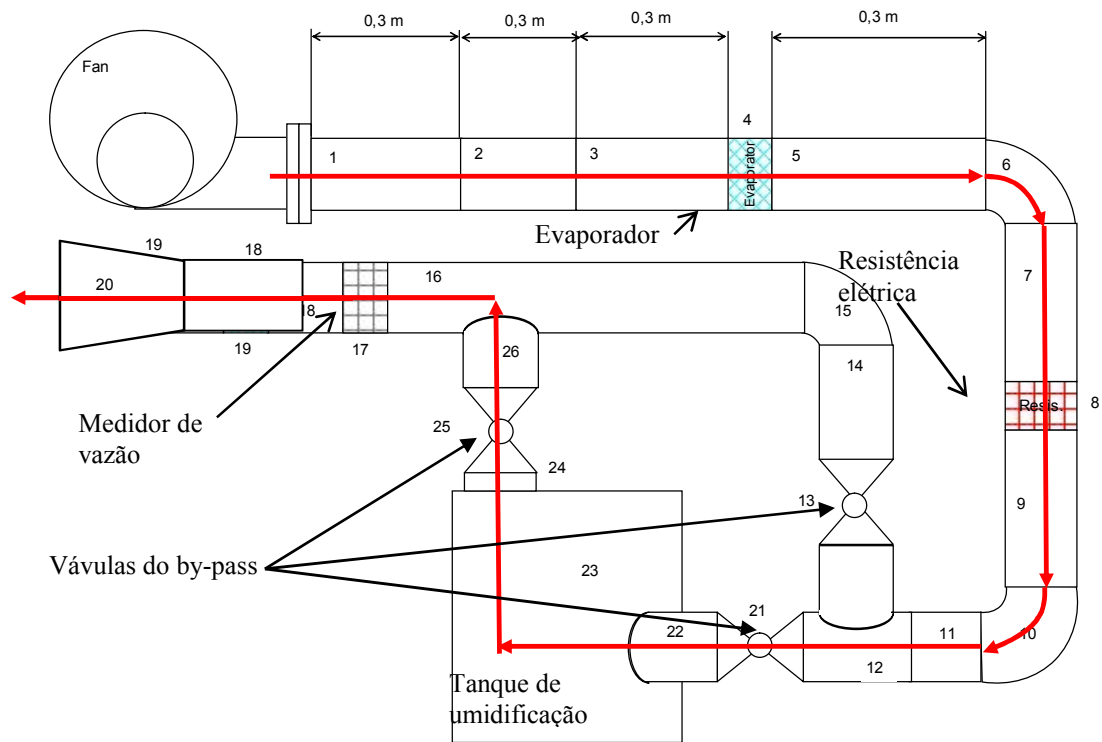
**Tabela 3.2 - Perdas de carga nas tubulações de ar da bancada de teste**

Elemento		Comprimento	Diâmetro	Área	Número de Reynolds	fator	Velocidade média do ar	Perda de Carga no Tubo	fator	Perda de Carga nas Singularidades
		$L_t$	$D_t$	$A_t$	$Re$	$f$	$v$	$Z_d$	$K$	$Z_s$
Cod.	Denominação	m	m	m <sup>2</sup>	-	-	m/s	Pa	-	Pa
1	Bocal						37,24		1	70,76
2	Tubo	0,3	0,0762	0,0046	162054,16	0,015	37,24	4,18		
3	Tubo	0,3	0,0762	0,0046	162054,16	0,015	37,24	4,18		
4	Evaporador (*)						37,24		10	707,61
5	Tubo	0,3	0,2325	0,0425	53111,95	0,016	4,00	0,02		
6	Curva						4,00		0,4	0,33
7	Tubo	0,3	0,2325	0,0425	53111,95	0,016	4,00	0,02		
8	Caixa de resistências (**)						4,00		10	8,16
9	Tubo	0,3	0,0762	0,0046	162054,16	0,015	37,24	4,18		
10	Cotovelo						37,24		0,8	56,61
11	Tubo	0,2	0,0762	0,0046	162054,16	0,016	37,24	2,97		
12	Tê						37,24		1	70,76
13	Válvula						37,24		1,5	106,14
14	Tubo	0,3	0,0762	0,0046	162054,16	0,015	37,24	4,18		
15	Cotovelo						37,24		0,8	56,61
16	Tubo	0,3	0,0762	0,0046	162054,16	0,015	37,24	4,18		
17	Medidor de Vazão (*)						37,24		1,5	106,14
18	Tubo	0,3	0,0762	0,0046	162054,16	0,015	37,24	4,18		
19	Bocal						37,24		1	70,76
20	Válvula						37,24		1,5	106,14
21	Tubo	0,3	0,0762	0,0046	162054,16	0,015	37,24	4,18		
22	Reservatório						37,24		2	141,52
23	Tubo	0,3	0,0762	0,0046	162054,16	0,015	37,24	4,18		
24	Válvula						37,24		1,5	106,14
25	Tubo	0,1	0,0762	0,0046	162054,16	0,015	37,24	1,39		
(*)	Conforme informações do fabricante.							36,44		1607,7

A somatória das perdas de cargas nos dutos e nas singularidades ( $Z$ ) totalizaram 1644,1 Pa.

Assim estima-se a potência 923 W do ventilador pela Eq. 3.8, para um rendimento de 25%.

$$\dot{W}_{vent} = \frac{Z \cdot \dot{V}}{\eta} \quad (3.8)$$



**Figura 3.9 - Disposição inicial dos componentes do módulo evaporador.**

Através dos valores de potência e perda de carga (diferença de pressão estática por singularidade) escolheu-se o ventilador mais apropriado. Neste caso utilizou-se o modelo VSI 190 da empresa Ibram de 2 cv ou 1.47 kW (Fig 3.10), mais detalhes podem ser vistos no manual do ventilador que se encontra no anexo D.

Foi colocado um fator de segurança de 50% na potência do ventilador, esta medida foi tomada para garantir que a escolha do ventilador atenda a vazão da caixa de ar com folga. Pelo fato de adotar um fator de segurança alto adotou-se o ventilador VSI190 ao invés do VSI 195.

O motor do ventilador da caixa de distribuição de ar tomada como referência tem 250W de potência, no entanto, podem existir conjuntos de caixas de distribuição de ar com motores mais potentes, outro motivo que deve ser levado em consideração, ao se adotar um fator de segurança, é o valor estimado de perda de carga em elementos feitos sob medida para esta aplicação, como é

o caso da caixa de resistências e do reservatório do tanque de umidificação, componentes dimensionados e portanto sem curva de perda de carga em função da vazão.

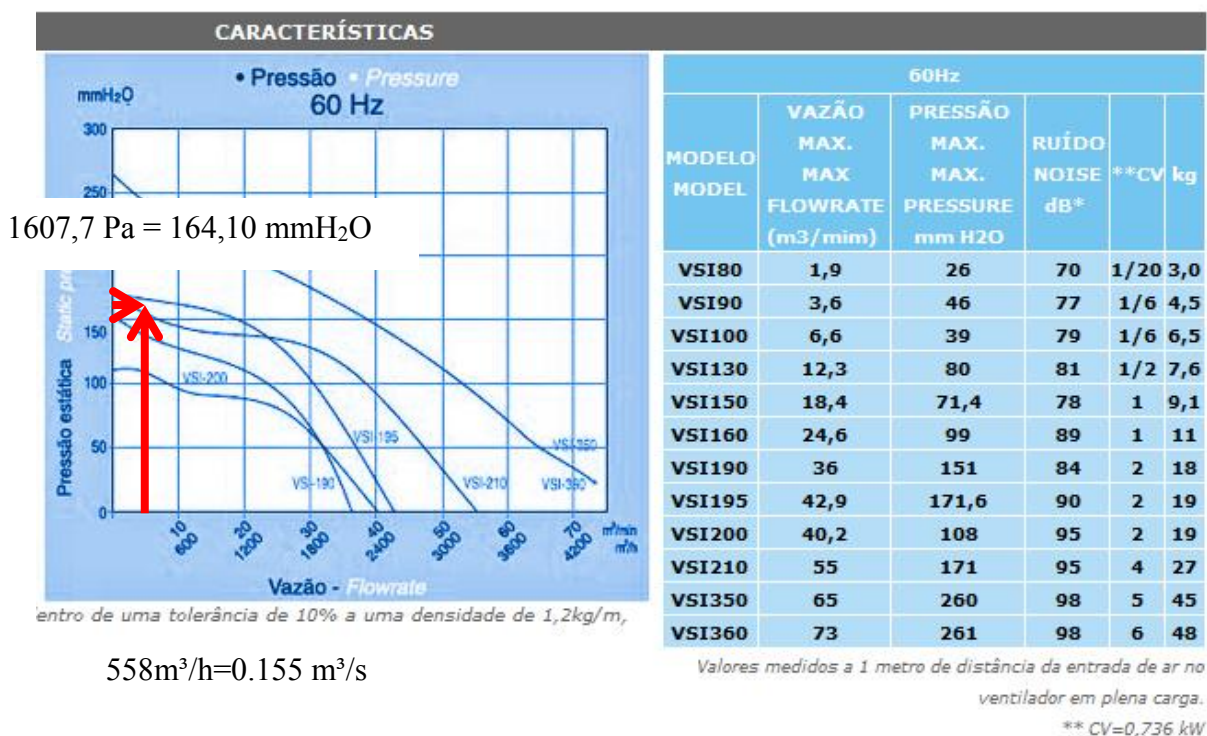


Figura 3.10 – Dados do ventilador do sistema de ventilação do módulo evaporador.

## Automação do sistema de ventilação

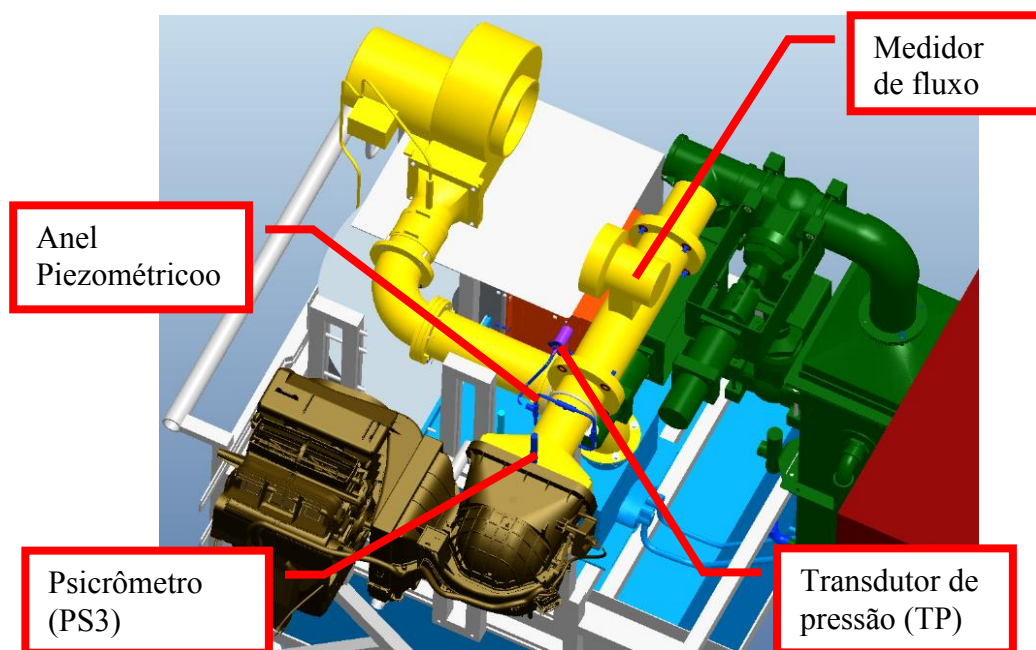
A automação do sistema de ventilação assumiu a premissa de que a pressão na entrada da caixa de ar do veículo deveria ser igual à atmosférica, simulando a condição normal de operação com captação do ar ambiente ou recirculação.

Assim a depressão causada pela sucção do ventilador da caixa de distribuição de ar, no bocal do módulo evaporador, faz com que o ventilador do módulo seja acionado até que ocorra uma compensação com a pressão ar ambiente, para que isto ocorra, um transdutor de pressão absoluta precisa ser instalado no bocal de saída da bancada, neste caso um transdutor de pressão absoluta foi escolhido, com range de medição de 0,9 a 1,1 bar de pressão absoluta com precisão de  $\pm 0,3\%$ , trata-se do transdutor HUBA 691, cujo *folder* está no anexo F.



Este transdutor de pressão tem a função enviar um sinal analógico de 4 a 20 mA ao CLP, para controlar o inversor de frequência ligado ao motor do ventilador da bancada, mantendo a pressão igual a 1 bar, a instalação deste transdutor, pode ser observada na Fig. 3.11.

Na Fig. 3.11, feita durante o dimensionamento do layout 3D, utilizando PTC Creo Parametric 2.0 M100, também é possível observar um anel piezométrico feito com mangueiras de ar comprimido, este anel tem como objetivo equalizar a pressão estática absoluta nesta secção, enviando um sinal de pressão absoluta médio ao CLP.



**Figura 3.11 - Instrumentação de controle de ventilação da bancada de teste.**

Um medidor do fluxo de ar tipo turbina de 3 polegadas de diâmetro, da marca Incontrol, modelo VTG075C010207RAC10 e precisão de média de 1% ao longo de seu campo de medição, foi instalado de modo a medir o fluxo de ar na entrada da caixa de ar, tornando possível estimar o valor da vazão ( $\dot{V}_{a,ev}$ ), inserida na caixa de ar, o *folder* com dados técnicos do fornecedor deste medidor se encontra no anexo E.

Este medidor de fluxo tem a função adicional de liberar o funcionamento dos outros sistemas do Módulo Evaporador, ou seja, caso não haja fluxo de ar no sistema, a caixa de resistências do sistema de aquecimento, a unidade de condensação do sistema de umidificação e a bomba d'água do sistema de umidificação não são energizados.

Por meio da linguagem de programação Ladder, própria para programação de CLPs, foi possível utilizar recursos de PID (proporcional integral derivativa) para a estabelecer a automação do módulo, mantendo as variáveis deste processo dentro da faixa de operação.

O desenvolvimento do programa de automação foi realizado por terceiros, seguindo a lógica de automação proposta no presente trabalho, resultando na construção das telas de controle apresentadas no Cap. 4, este procedimento foi adotado na programação do CLP em Ladder, e no programa supervisorio em Labview.

O desenvolvimento de um sistema de aquisição e controle de dados supervisorio, bem como de seu software em LabView 2010, evita que o operador entre na cabine para mudar a configuração do módulo, mais detalhes serão expostos no Cap. 4.

O inversor de frequência utilizada para acionar o motor do ventilador tem como característica uma potência de 1,5 kW (2 cv ), para uma tensão de 380-440Vca para 3 fases) e corrente máxima de 4,2A. Esta especificação está de acordo com o catálogo VFD-EL da NOVUS, disponível no anexo H.

O CLP escolhido para esta automação é da marca Delta CLP CPU-SV: 16ED/12ST – DVP 28SV11T com 13 saídas digitais, 17 entradas digitais, com 3 módulos adicionais e automação (veja o *folder* do CLP e seus módulos no anexo I):

- i) DVP 04DA, com 4 saídas analógicos de 4 bits;
- ii) DVP 06XA, com 4 entradas de analógicas de 12bis 4 saídas analógicas de 12 bits;
- iii) DVP 06AD, com 6 entradas analógicas de 14 bits.

Este CLP e seus módulos foram responsáveis por toda automação do módulo evaporador e condensador.

## **ii) Sistema de refrigeração e desumidificação**

O processo psicrométrico de desumidificação, por condensação da água do ar ambiente, adotado neste projeto considera uma mudança de estado da temperatura normalmente observada em Teresina (PI), no verão de temperatura de bulbo seco 40°C e 30% de umidade relativa (ponto 1), isto dá uma certa folga no cálculo em relação a São Paulo, região próxima ao local onde o

Módulo Evaporador irá entrar em funcionamento – para 10°C e 100% (ponto 2), veja Fig. 3.12 abaixo.

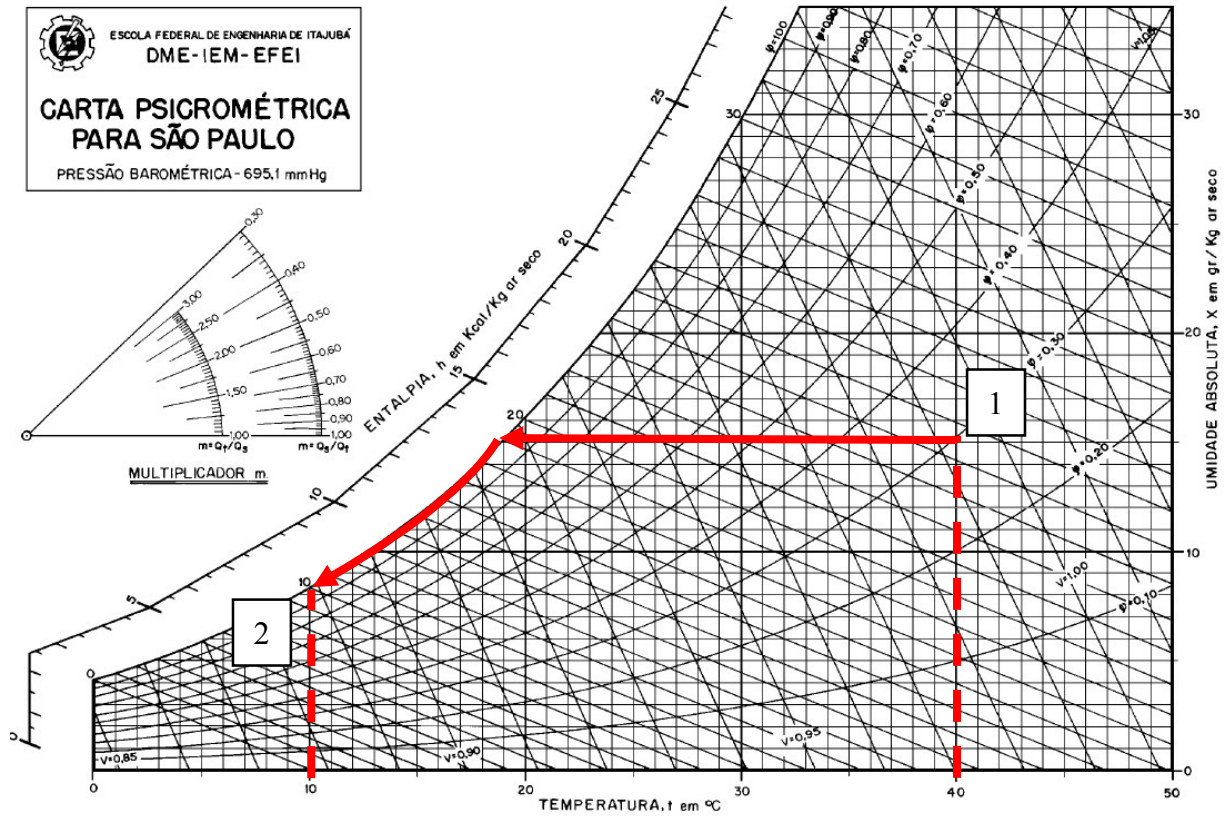


Figura 3.12 - Carta psicrométrica para 695,1 mmHg, referência para a cidade de São Paulo (PIRANI, 2013)

O calor retirado do ar neste processo é expresso pela Eq. 3.9:

$$\dot{Q}_{ev} = \dot{m}_a \cdot [(ha_1 + \omega_1 \cdot h_{v1}) - (ha_2 + \omega_2 \cdot h_{v2}) - (\omega_1 - \omega_2)h_w] \quad (3.9)$$

Para a vazão  $\dot{m}_a$  estimada anteriormente temos:  $\dot{Q}_{ev} = 7,2 \text{ kW}$

Esta carga térmica foi utilizada no software RS+3 para dimensionamento do compressor da unidade de condensação, que requer os seguintes dados de entrada (a tela com o resultado desta análise é mostrada na Fig. 3.13):

- 1- Tensão disponível: 380 V (rede de distribuição)
- 2- Frequência da rede: 60Hz
- 3- Refrigerante: R134A (o mesmo utilizado no circuito a ser testado);
- 4- Carga térmica: 7200 W (calor retirado do ar ao entrar no veículo);
- 5- Temperatura no evaporador: 3°C (para garantir que haja condensação);
- 6- Temperatura de condensação: 40°C (recomendado pelo fabricante);
- 7- Temperatura na saída do evaporador: 13°C;
- 8- Temperatura de sucção do compressor: 10°C.

O modelo escolhido atende à 99% da utilização requerida, o software também permite visualizar as curvas e as tabelas de desempenho e o ponto de operação do ciclo.

Model	Compressor	Refrigerant	Power	Mains voltage (V)	Capacity (W)	Power input	CCP	Current	Speed	Efficiency
MTZ0209	MTZ0209	R134a	3	380-380	4.102	1.246	5.29	2.83	n/a	10%
MTZ0209	MTZ0209	R134a	3	380-380	5.311	1.655	3.20	3.71	n/a	74%
MTZ0209	MTZ0209	R134a	3	380-380	5.721	1.950	2.92	4.94	n/a	79%
VTZ030-G	12000001	R134a	3	380-480	5.740	1.994	2.88	4.56	n/a	80%
MLZ01979	12008265	R134a	3	380-380	5.963	1.460	4.06	2.79	3.500	83%
MLZ01979	12008271	R134a	3	380-380	6.334	1.511	4.19	2.87	3.500	88%
MTZ0209	MTZ0209	R134a	3	380-380	6.503	1.723	3.92	4.12	n/a	90%
MTZ036-9	MTZ036-9M	R134a	3	380-380	6.803	2.306	2.95	4.67	n/a	94%
MLZ02019	12008277	R134a	3	380-380	7.824	1.839	4.26	3.49	3.500	109%
MTZ044-9	MTZ044-9M	R134a	3	380-380	8.259	2.607	3.17	6.33	n/a	115%
MTZ044-9	MTZ044-9M	R134a	3	380-380	8.259	2.607	3.17	6.33	n/a	115%
MTZ044-9	MTZ044-9M	R134a	3	380-380	8.259	2.607	3.17	6.33	n/a	115%
VTZ054-G	12000002	R134a	3	380-480	8.618	2.743	3.14	5.95	n/a	120%

Figura 3.13 - Tela de entrada de dados para escolha do compressor (RS+3, 2012)

Escolhido o compressor monta-se a unidade de condensação conforme códigos indicados pelo fornecedor Danfoss, conforme pode ser observado no *folder* do fornecedor no anexo I.

O modelo escolhido tem a seguinte designação:

HCZ38B50V;

H – Alta média de temperatura de evaporação;

C – *Compact line* hermética com ventilador;

Z – Óleo de poliéster;

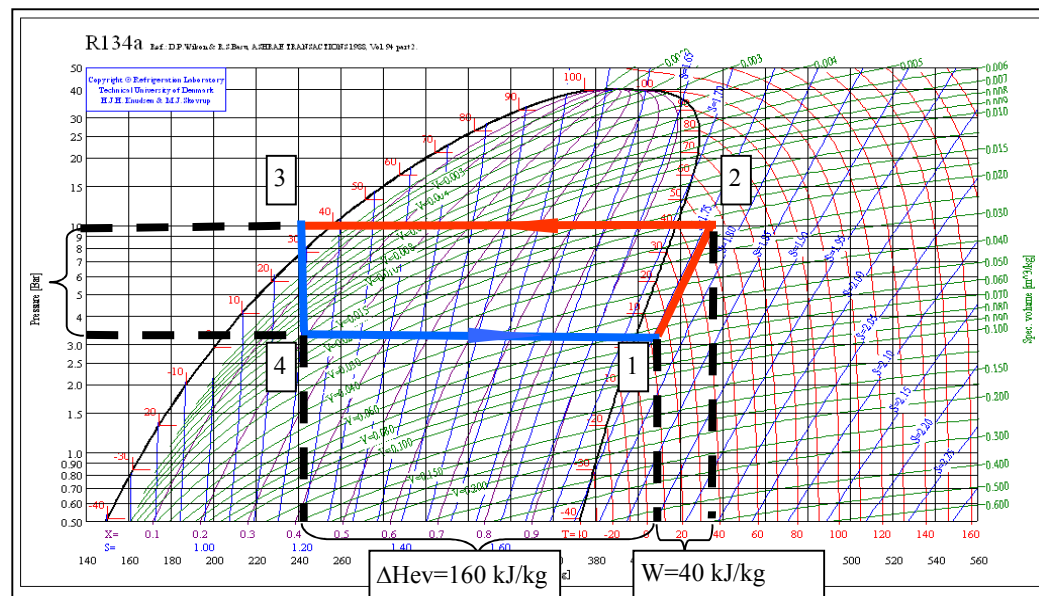
38 – Modelo do compressor (escolhido pelo software);

B – Brasil;

50 – Pressostato de aleta e baixa, tanque de líquido, caixa elétrica com proteções, visor de líquido, filtro, separador de óleo, acumulador de sucção e carenagem.

V – Compressor de 380V

O ciclo termodinâmico de refrigeração pode ser observado no diagrama P-H, da Fig. 3.14.



**Figura 3.14 - Diagrama P-H do sistema de desumidificação**

No diagrama da Fig. 3.14 está considerado um sub-resfriamento de 10°C na saída do condensador e um superaquecimento a mais de 10°C na saída do evaporador, esta diferença de 10°C é usual no dimensionamento de unidades de refrigeração (STOECKER; JONES, 1986).

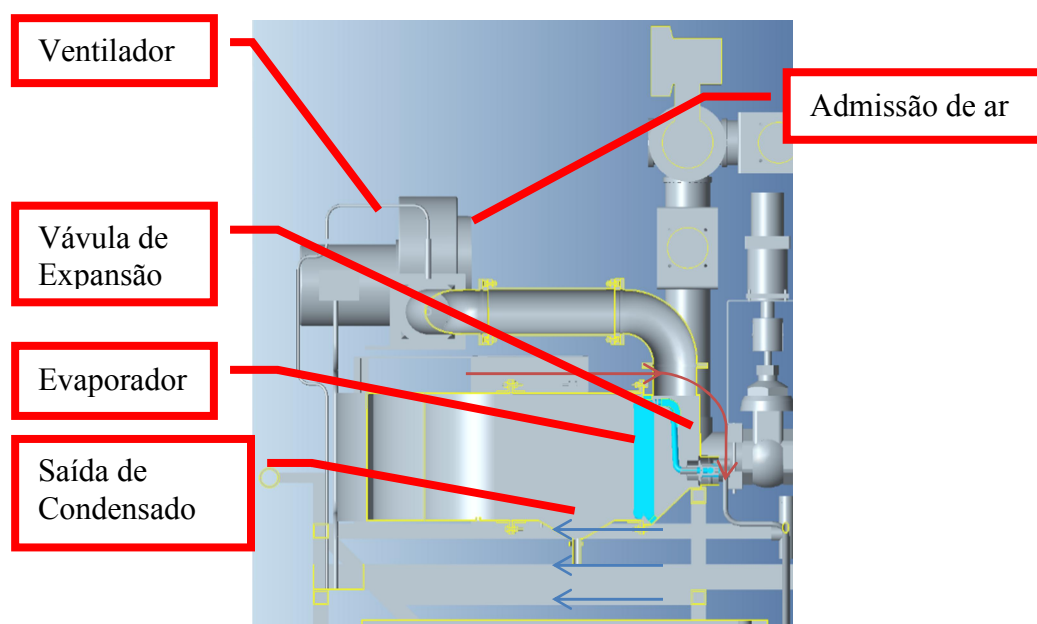
A aplicação das hipóteses mencionadas levou a obtenção de um COP igual a 4 para o ciclo projetado e um COP de Carnot de 9.45.

Conforme orientação do fabricante da unidade de condensação, o equipamento foi dimensionado para operar entre as pressões de 3.2 bar a 10 bar, para que assim possa corresponder aos efeitos térmicos desejados.

Utilizando os cálculos apresentados no Cap. 2 (item: 2.2.3 Evaporadores, subitem: Verificação da área de troca de calor no evaporador do projeto) foi verificado se o evaporador normalmente utilizado em aplicações veiculares, utilizado dentro da caixa de ar do veículo, teria área suficiente para trocar calor com a vazão de ar da bancada ( $\dot{m}_{a,ev}$ ), permitindo assim que o processo de desumidificação se torna-se possível.

Para a carga térmica estimada a área calculada se mostrou 10% menor do que a área disponível no evaporador veicular, o que permitiu sua utilização.

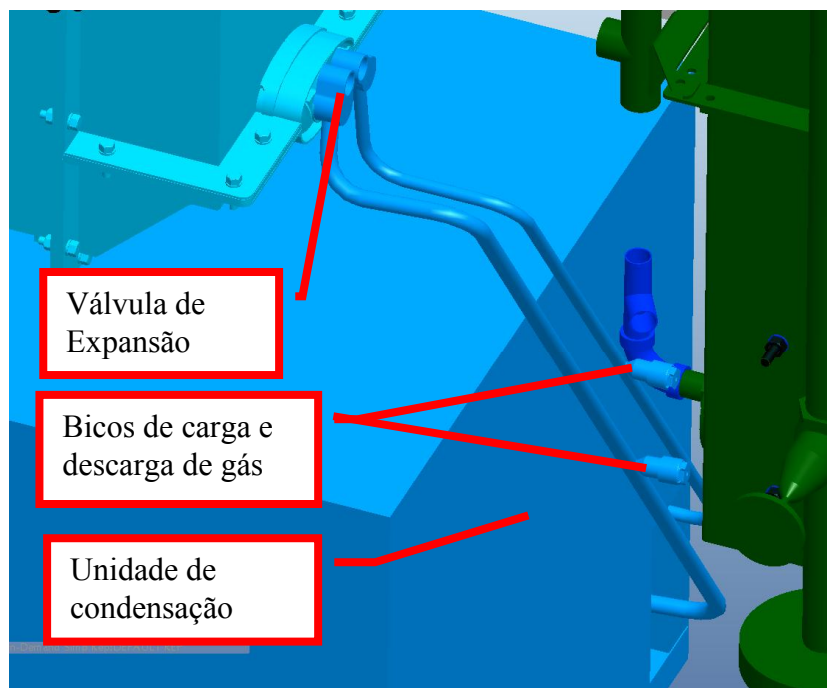
A adaptação do evaporador do veículo no sistema de desumidificação pode ser visualizada na Fig. 3.15.



**Figura 3.15: Vista em corte do evaporador do sistema de desumidificação**

A água condensada durante o processo de desumidificação do ar é drenada para o tanque de umidificação, por gravidade, portanto passa a ser reaproveitada no processo.

A ligação dos dutos da unidade de condensação até a válvula termostática, na entrada do evaporador é mostrada na Fig 3.16. A carga de gás neste sistema foi de 1,5kg de R134a, mesmo refrigerante utilizado no ciclo veicular.



**Figura 3.16:** Tubulação da unidade de condensação até a válvula de expansão

### **Automação do sistema de refrigeração e desumidificação**

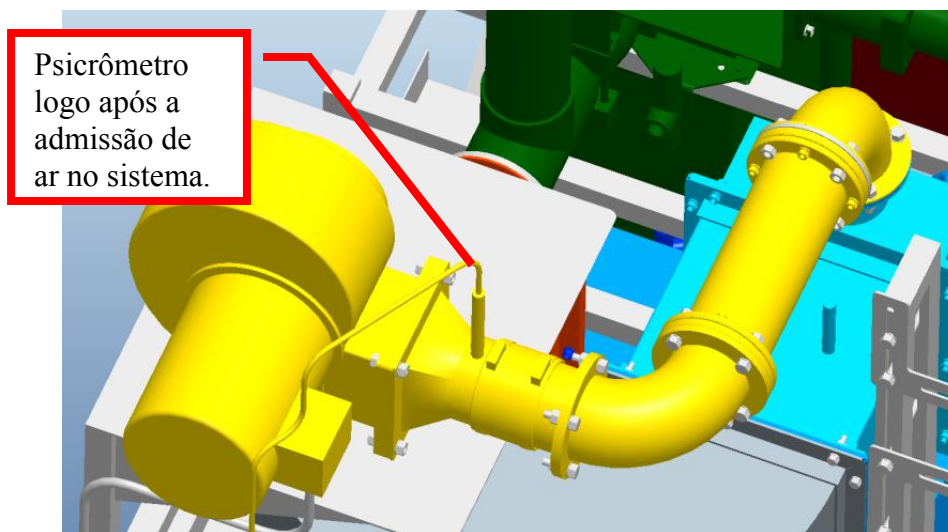
Conforme mencionado anteriormente, para colocar o sistema de desumidificação em operação é necessário que haja fluxo de ar no evaporador do sistema, para evitar que o sistema de umidificação trabalhe sem carga térmica, evitando também a formação de gelo no evaporador do sistema de umidificação e danos à unidade de condensação.

Um termopar tipo K foi instalado na superfície do duto de entrada do evaporador do sistema de umidificação para evitar o congelamento da água condensada, quando o sistema está em operação. Este termopar que é conectado a um conversor de sinal analógico de 4 a 20 mA, do tipo Txblock envia o sinal analógico de corrente ao CLP de modo a controlar a temperatura no evaporador entre 3 e 5°C. O folder deste equipamento pode ser visto no anexo J.



O CLP recebe este sinal e uma rotina no programa faz com que o relê ligue e desligue a unidade de condensação, mantendo a temperatura do evaporador dentro da faixa especificada.

Logo após o ventilador do sistema de ventilação há um psicrômetro, que pode ser visualizado na Fig. 3.17, que mede as condições do ar ambiente. Caso a umidade relativa do ambiente esteja maior que a desejada, a unidade de condensação é acionada de modo a retirar a umidade do ar em excesso.



**Figura 3.17 - Psicrômetro instalado na admissão de ar do Módulo Evaporador**

O sistema desumificação é, portanto um sistema *ON/OFF*, sem regulagens por parte do operador, sua função é secar o ar e deixá-lo preparado para a adição de umidade no sistema de umidificação. A quantidade de umidade e a temperatura especificada são medidas pelo psicrômetro instalado na saída de ar do equipamento, conforme já mostrado na Fig. 3.11, tornando a instrumentação no bocal de saída da máquina essencial para todo sistema de automação.

Este processo pode ser visualizado no esquema da Fig. 3.18.

O ar na saída do desumificador é frio e úmido, devido à queda de temperatura, no entanto, após o aquecimento se torna quente e seco (Fig. 3.19, ponto 3).



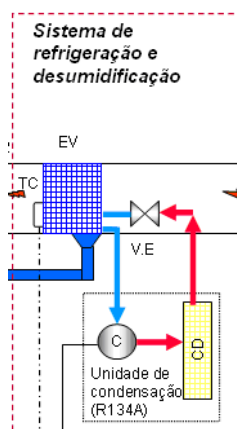


Figura 3.18 - Sistema de desumidificação do Módulo Evaporador

### iii) Sistema de aquecimento

Para o dimensionamento do sistema de aquecimento, é necessário especificar a quantidade de calor a ser inserida no ar após o evaporador do sistema de desumidificação, visualizado na Fig. 3.18. Estima-se que este valor seja cerca de 10°C e 100% de umidade relativa (ponto 1), e que este ar seja aquecido até atingir a temperatura do clima escolhido, neste caso, a temperatura de 40°C e 30 % de umidade relativa (ponto 6), conforme o clima de Teresina (que é referência em testes veiculares de desempenho do sistema de AC em campo), na vazão máxima de 0,155 m³/s.

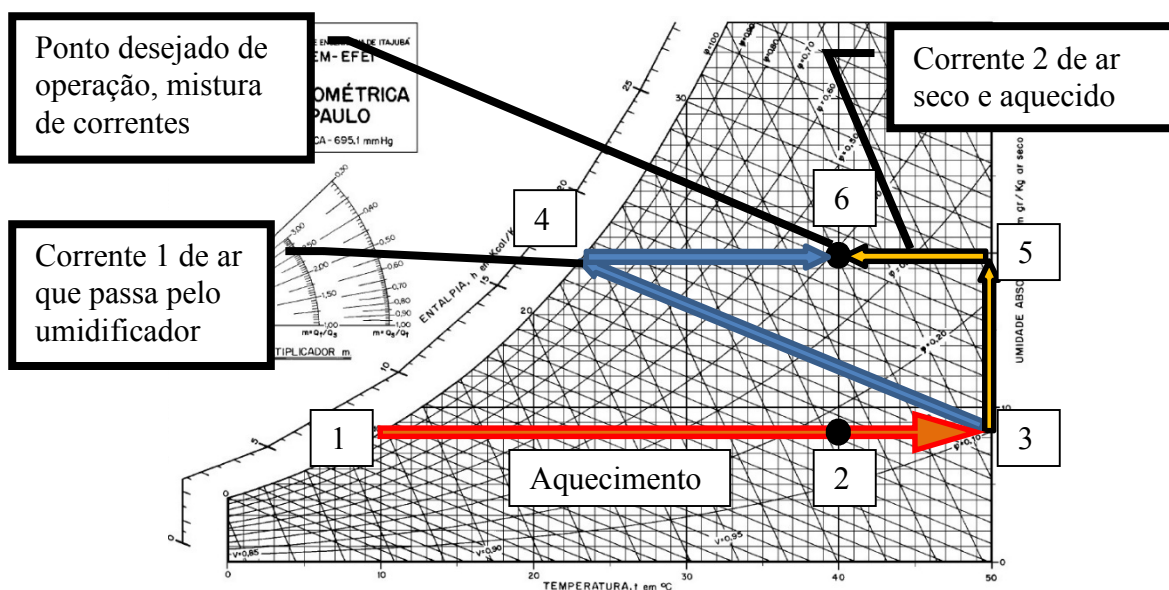


Figura 3.19 - Processo psicrométrico de aquecimento, PIRANI (2013).

Utilizando a equação (2.19) estima-se a quantidade de energia necessária para aquecer o ar até o ponto 6 (40 °C, 30 %), no entanto, nota-se pela Fig. 3.19 que se o ar fosse aquecido a 40 °C (ponto 2) estado final não seria atingido.

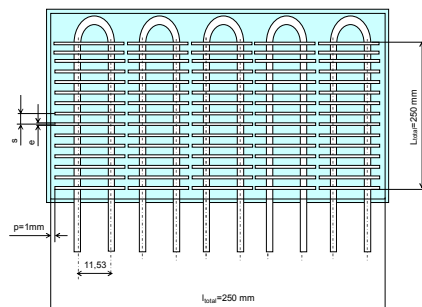
Para atingir o estado desejado (ponto 6) é necessário um sistema de *by-pass* e de umidificação. O sistema de *by-pass* consiste de um conjunto de 3 válvulas controladas por motor de passo, que divide o ar proporcionalmente em dois fluxos ou correntes, um desses fluxos passa por um lavador de gás, que promove a passagem de parte do ar (corrente de ar 1) por um *spray* de água (processo psicrométrico de 3 para 4), parte do fluxo de ar permanece aquecida e desumidificada (corrente de ar 2), o encontro controlado dessas correntes de ar permite que o estado final desejado seja alcançado (processo psicrométrico 4, 5, 6).

Deste modo, para que este processo possa ser executado, é necessário aquecer o ar a uma temperatura maior que a especificada (em torno de 10°C a mais), pois o contato do ar com a água faz com que parte do calor contido no ar seja transferido para a água, ocorrendo resfriamento do ar.

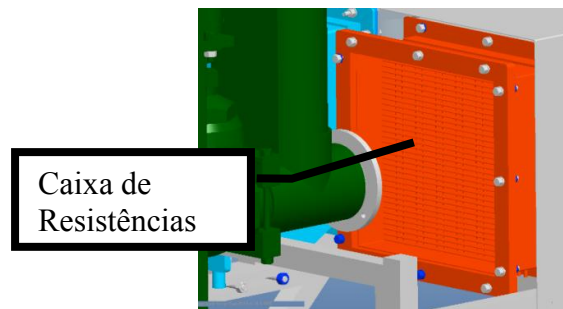
O processo de aquecimento e umidificação estão representados na carta psicrométrica da Fig. 3.19. A quantidade de calor inserida no ar nestas condições é de 5,87 kW.

## Dimensionamento do banco de resistências

Para aquecer o ar da condição 1 para a 2 será utilizado um banco de resistências, dispostas, como no esquema da Fig 3.20.



**Figura 3.20 - Esquema do banco de resistências.**



**Figura 3.21 – Caixa de resistência da bancada**

Para que a bancada não fique restrito a condição de Teresina e deixando uma folga para a utilização das resistências, permitindo que condições mais severas sejam ensaiadas, é recomendado que a potência calculada no item anterior fosse dobrada, ou seja, o valor considerado na troca de calor das resistências é de 11,75 kW.

Esta medida também garante vida infinita às resistências, impedindo que trabalhem em seu limite de utilização, isto representa a aplicação de 7 resistências de 1,7 kW, que equivalem a 12kW.

Resta definir e informar ao fabricante das resistências, qual é área das aletas necessário para esta aplicação.

Considerando a perda de calor na extremidade das aletas das resistências igual a 0 temos (extremidade adiabática), isto pode ser feito, uma vez que, as aletas são simétricas em relação ao centro do filamento da resistência assim, conforme Incropera e Dewitt (2006) a dedução para este tipo de cálculo segue abaixo:

$$\left. \frac{d\theta}{dx} \right|_{x=l} = 0 \quad (3.10)$$

$$C_1.e^{mL} + C_2.e^{-mL} = 0 \quad (3.11)$$

$$C_1.e^{m0} + C_2.e^{-m0} = \theta_0 \quad (3.12)$$

$$\frac{\theta}{\theta_b} = \frac{\cosh m(L-x)}{\cosh(mL)} \quad (3.13)$$

$$q_a = \sqrt{h.P.K.Ac}.\theta_b.\tanh(mL) \quad (3.14)$$

$$\eta_a = \frac{q_a}{q_{\max}} = \frac{\tanh mL}{mL} \quad (3.15)$$

$$q_t = N \cdot \eta_a \cdot h \cdot A_a \cdot \theta_b + A_b h \cdot \theta_b \quad (3.16)$$

Onde  $\theta_x$  é a diferença de temperatura entre a posição x no corpo da aleta e o ambiente.

Para o cálculo proposto a área encontrada foi de 0,64 m<sup>2</sup> e a área das aletas igual a 0,30 m<sup>2</sup>, com 34 aletas por resistência.

### **Automação do sistema de aquecimento**

O controle do banco de resistências é feito pelo sinal de temperatura de bulbo seco, analógico de 4 a 20mA, que provém do psicrômetro (PS3 – Modelo RHT 323), instalado no bocal de saída, conforme mostrado na Fig. 3.11.

Através de uma lógica de acionamento PID, contida na rotina do CLP, faz-se o controle deste banco de resistências, que é acionado por 3 relês de estado sólido, com uma fase por relê.

O sistema de aquecimento foi automatizado levando-se em consideração a segurança do banco de resistências, conforme já mencionado o mesmo sensor de fluxo que libera a utilização da unidade de condensação é responsável por liberar a utilização do banco de resistências, caso não haja fluxo, não haverá aquecimento.

Na superfície de duas das sete resistências foram instalados dois termopares tipo K, por meio de solda prata. Os sinais analógicos destes termopares são convertidos para um sinal analógico de 4 a 20 mA (conversor do tipo Txblock, vide anexo J), capaz de ser lido pelo CLP.

Esta instrumentação foi feita de modo a interromper o funcionamento do banco de resistências, caso a temperatura na superfície das resistências ultrapasse 330°C, conforme orientação do fabricante, para manter vida infinita nas resistências do banco.

#### iv) Sistema de umidificação

Este sistema foi desenvolvido através do conceito de by-pass, conforme pode ser visualizado no esquema da Fig. 3.22.

A vazão de ar que passa pelo desumidificador e pela caixa de resistências, torna o ar seco e quente, este fluxo então é dividido em duas correntes de ar, conforme pode ser visto no esquema da Fig. 3.22. Uma destas correntes de ar passa pelo umidificador, enquanto a outra segue como saiu da caixa de resistências.

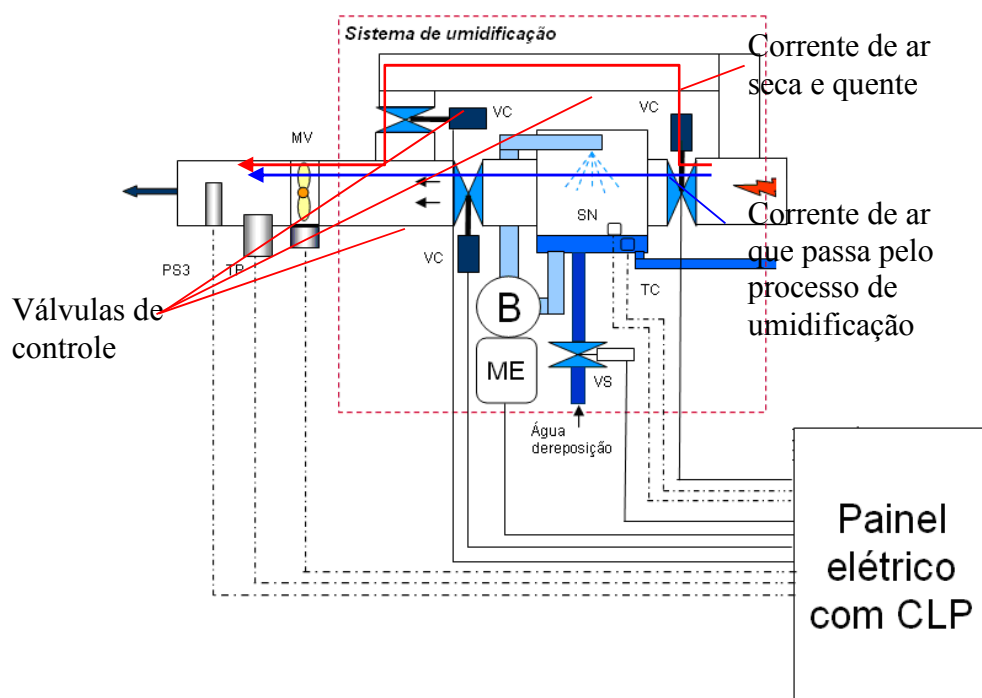


Figura 3.22 - Esquema do circuito de umidificação.

A corrente de ar que passa pelo umidificador, passa também por um *spray* de água absorvendo parte do vapor de água do *spray*, ocorrendo assim o processo de umidificação, após este processo, ocorre novamente o encontro destas correntes.

A carta psicrométrica da Fig. 3.19 apresenta o encontro das correntes de ar, o ponto desejado de operação varia em função da quantidade de ar seco (corrente 1) e ar úmido (corrente

2), daí a necessidade de se controlar a abertura das válvulas antes do ponto de encontro das correntes.

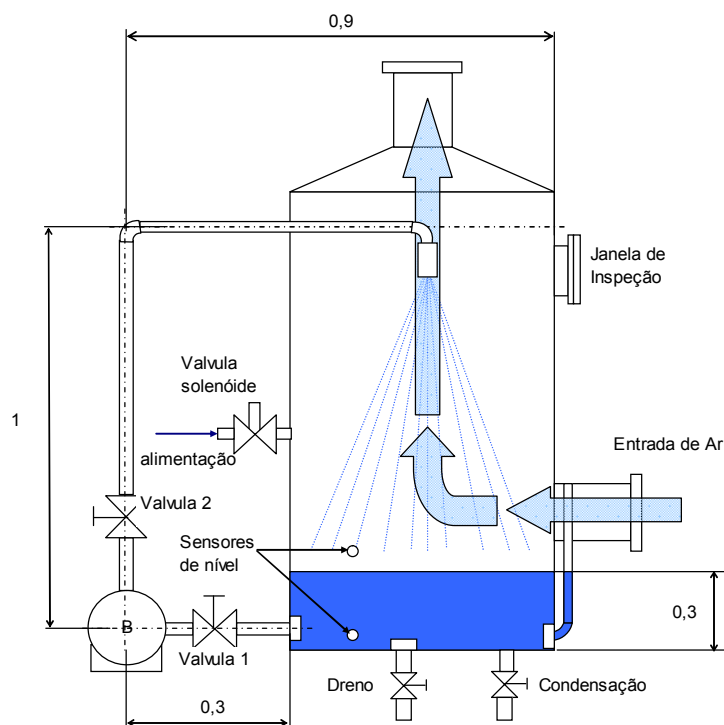
### Dimensionamento da bomba do sistema de injeção d'água

Na equação de Bernoulli (Eq. 3.17), a variável  $H_b$  correspondente à potência necessária para que a bomba entre em funcionamento, conforme dimensionamento do sistema:

$$\frac{p_1}{\rho} + \frac{u_1^2}{2} + g.z_1 + HB = \frac{p_2}{\rho} + \frac{u_2^2}{2} + g.z_2 + h_{lt} \quad (3.17)$$

As perdas de carga nas singularidades ( $h_{li}$ ) podem ser facilmente encontradas nos catálogos de fabricantes para o diâmetro de tubulação de água adotado no sistema.

As medidas iniciais para que o projeto pudesse ser realizado, segue o esquema da Fig. 3.23. O dimensionamento leva em consideração o mesmo raciocínio adotado para escolha do ventilador.

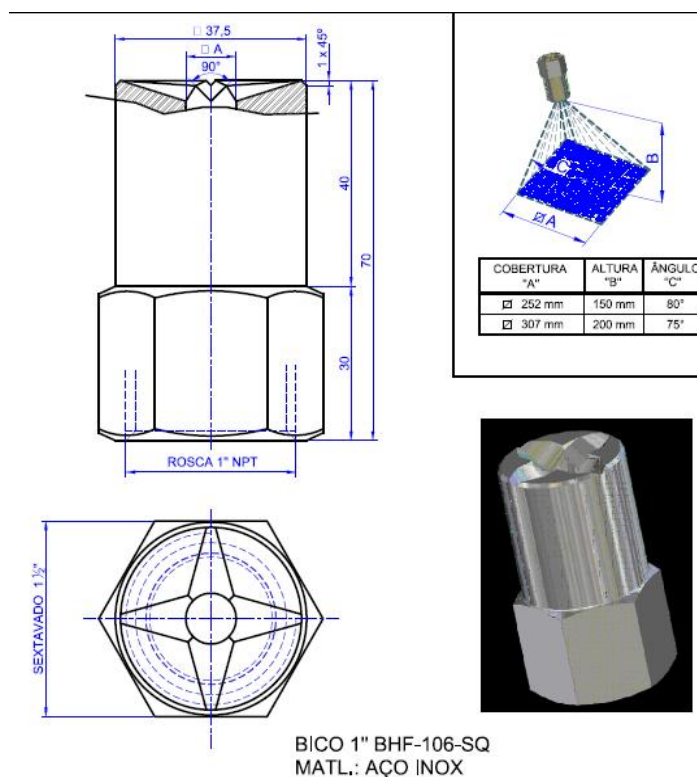


**Figura 3.23 - Esquema de operação do tanque de umidificação.**

Do esquema adotado na Fig. 3.23, pouca coisa mudou no projeto final, somente a posição da bomba foi alterada, de modo a deixar o sistema mais compacto, esta modificação não necessitou recalcular o sistema.

A perda de carga no bico injetor é a maior de todo sistema (10 mca). Um fornecedor especializado na construção de bicos injetores foi consultado de modo a fazer um bico sob medida para esta aplicação, o formato do jato de injeção é quadrado, tendo o mesmo formato do tanque de umidificação, e esta injeção de água no sistema está no contra-fluxo da corrente de ar.

As dimensões do bico injetor podem ser visualizadas na Fig. 3.24. Nesta figura nota-se que o bico deve ser posicionado no centro do tanque para gerar um jato quadrado de água, fazendo com que o ar passe forçosamente pelo jato de água.



**Figura 3.24: Bico injetor de água do sistema de umidificação**

Por fim, a bomba dimensionada foi a KSB Megabloc, de 3CV e altura de elevação de 25mca e vazão máxima de 15 l/s.

No anexo L é possível verificar o manual da bomba.

## Automação do sistema de umidificação

O sinal de controle de umidade é gerado pelo psicrômetro mostrado na Fig. 3.25, na saída de ar do equipamento.

A abertura das válvulas controladas por motor de passo, para acesso ao tanque de umidificação, ocorre proporcionalmente à umidade relativa ( $\phi_{a,ev}$ ) desejada.

Uma característica importante da automação com motores de passo é que eles mantêm a posição do passo quando o sistema é desligado em seus drivers, não perdendo assim sua referência no controle da válvula.

Durante a operação os motores de passo ficam corrigindo a abertura das válvulas, a Fig. 3.25, mantendo a dinâmica do ar passando pelo sistema by-pass.

As válvulas de gaveta usadas nesta construção foram automatizadas, seus manípulos foram acoplados ao eixo de um mini redutor de velocidades, e seu acionamento é feito por meio de um driver controlado via CLP, o catalogo da válvula, do conjunto moto redutor e do driver de acionamento podem ser vistos nos anexos N, O e P respectivamente.

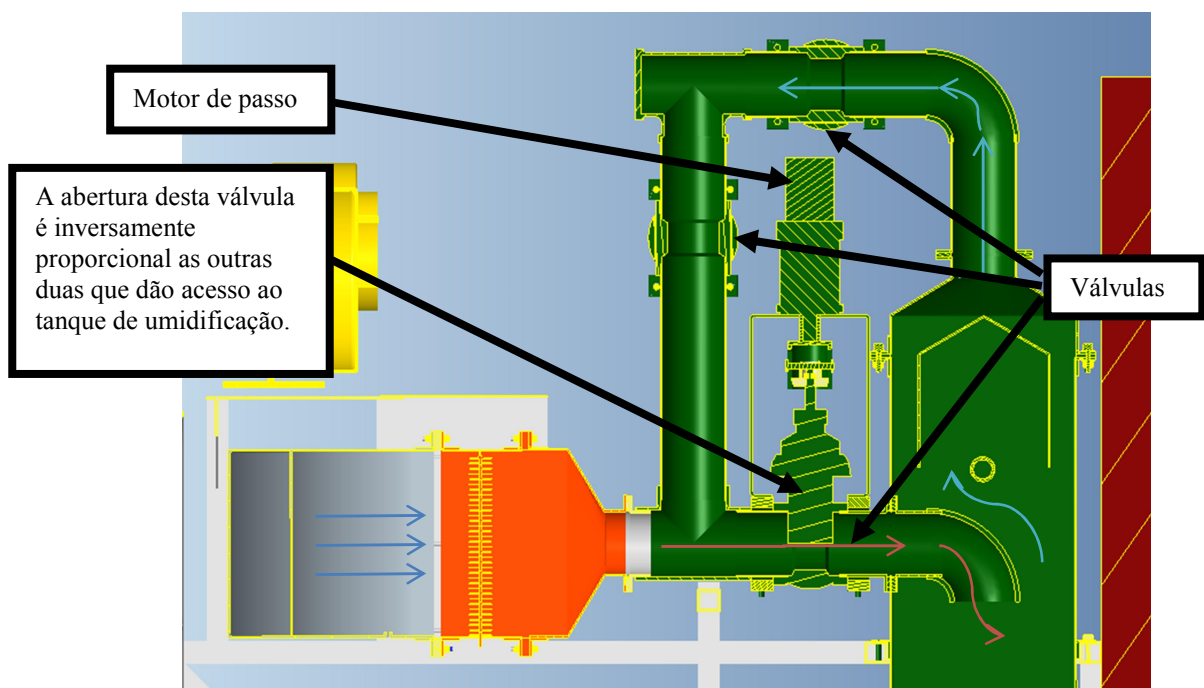


Figura 3.25: Ar passando pelo sistema de umidificação.



O sistema de umidificação só entra em operação se for verificado fluxo de ar passando através do medidor de vazão instalado próximo ao bocal de saída de ar da tubulação, isto impede que o sistema opere sem necessidade.

O sistema também conta com sensores de nível que indicam se o sistema tem água no reservatório e se está no nível correto, impedindo que a bomba trabalhe a seco, podendo causar dano à bomba, portanto o sistema só entra em operação, quando os sensores de nível são excitados.

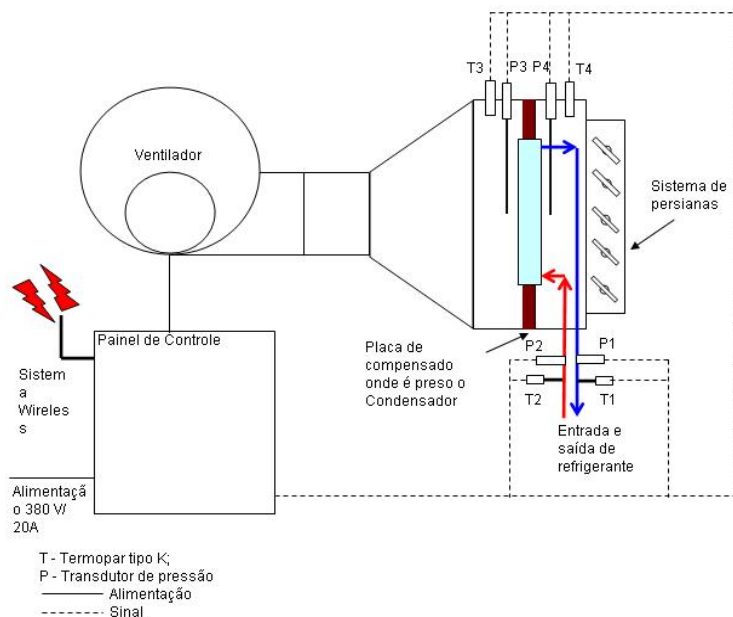
A resposta destes sensores é de um *bit* (0 ou 1), ou seja, ligado ou desligado.

Os sensores de nível também controlam a abertura de uma válvula solenoide para abastecimento automático de água no tanque de umidificação.

A bomba é controlada por um inversor de frequência de 3,7KW / 5HP para a tensão de 380-480V, trifásico suportando uma corrente alternada de 8,2A, comandada pelo CLP anteriormente especificado.

### 3.3.2 Módulo Condensador

O esquema do módulo condensador pode ser visualizado na Fig. 3.26.



**Figura 3.26 - Esquema do módulo condensador.**

Conforme já mencionado, o controle da vazão de ar ( $\dot{m}_{a;cd}$ ), que incide sobre a superfície de troca de calor do condensador, proporciona também uma variação sobre a pressão de condensação ( $P_{cd}$ )

Esta variação de pressão é medida no sinal de pressão (P2), visualizada no esquema proposto na Fig. 3.26

O condensador a ser analisado é fixado em uma placa de compensado, onde os vazamentos são removidos pela ação de espuma de poliuretano.

### **Dimensionamento do ventilador**

Optou-se por obter o valor da vazão de ar ( $\dot{m}_{a;cd}$ ) em velocidade máxima, via simulação CFD, pela dificuldade de se instrumentar um veículo e obter esses valores corretos, uma vez que o acesso à instrumentação é de difícil acesso, neste caso a jusante do fluxo (entre a grade frontal e o condensador) e a montante (entre o condensador, o radiador e o motor do veículo).

O dimensionamento do ventilador seguiu o mesmo raciocínio adotado no ventilador do módulo evaporador, sendo que a curva de perda de carga do condensador em função da vazão foi dada por seu fabricante, esse valor também foi utilizado como parâmetro de entrada no cálculo de CFD.

A máxima velocidade que um veículo, com motorização 1,6l bicom bustível normalmente atinge foi considerada de 189 km/h.

Por meio da simulação em CFD estimou-se que esta vazão é de 1,04 kg/s.

Uma vista global da simulação se encontra na Fig. 3.27.

Assim o ventilador escolhido foi o modelo VSI360 da empresa Ibram. No Anexo D estão disponibilizadas as curvas características deste ventilador.

Foi acrescentado um fator de segurança de 30% a mais na vazão para atender veículos mais velozes.

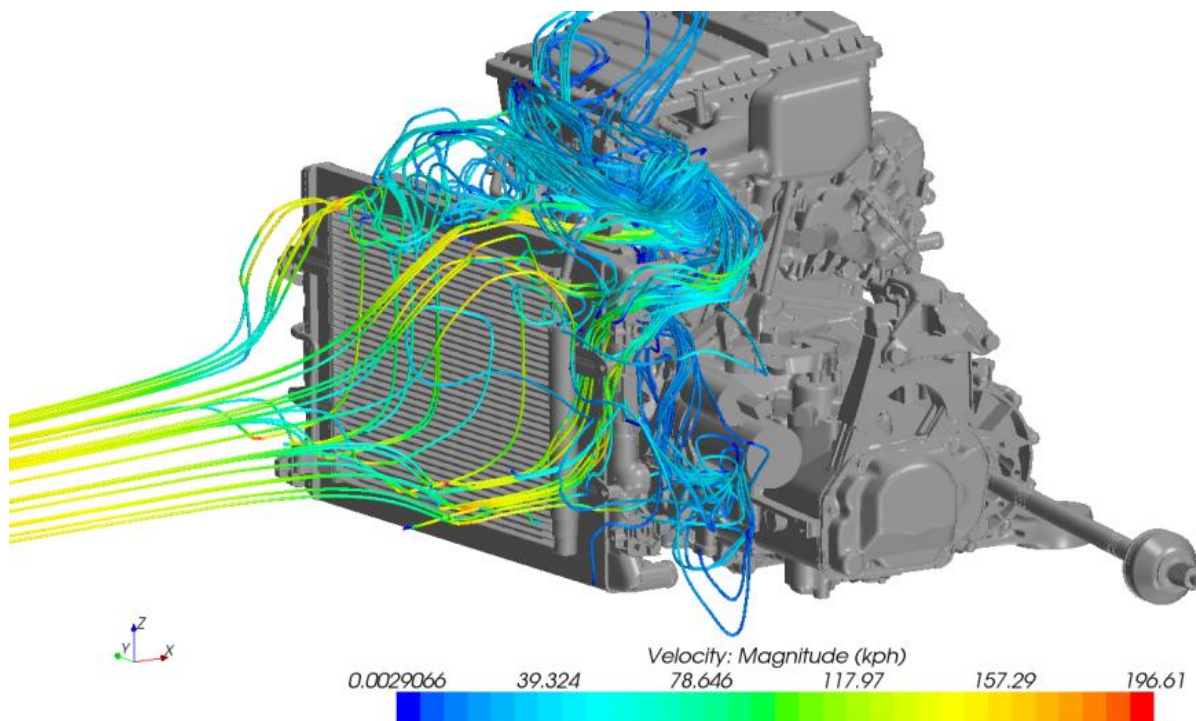


Figura 3.27 - Simulação de CFD para determinação da vazão de ar que passa pelo condensador.

### Automação do Módulo Condensador

O controle deste módulo é feito pelo CLP instalado no módulo evaporador, sendo o Módulo Condensador apenas um escravo no sistema automatizado, a comunicação que permite esta automação é feita via *Wireless*, por uma rede RS 485, isto colabora para evitar interferência eletromagnética do dinamômetro, por ter características industriais a utilização do protocolo de comunicação RS485 Modbus que evita ruídos no sinal digital.

Cada elemento do módulo condensador recebe um endereço na rede, enviando e recebendo sinais de controle.

No módulo condensador há uma inversora de frequência de 3,7KW / 5HP – idêntica a utilizada na bomba d’água do Módulo Evaporador, para uma tensão de 380-480V trifásico, e uma corrente de 8,2A, que se comunica com a rede RS485.

A mudança de frequência (rotação do motor) está em função da pressão de condensação no condensador, quando se requer que a pressão de condensação aumente a rotação do ventilador diminui, quando se quer que ela diminua a rotação aumenta.

O valor de pressão estática desejado é inserido no software de controle, assim o equipamento tende a modular, via recursos PID na programação em Ladder, a frequência no inversor de frequência, mantendo a pressão conforme configurado pelo usuário do sistema.

O sinal de corrente 4 a 20 mA do transdutor de pressão (P2), também serve para desligar a embreagem magnética do compressor do sistema de ACV, caso a pressão de condensação ultrapasse 30 bar.

O acionamento do sistema de ACV também é feito via CLP.

### **3.4 Método de verificação dos dados experimentais da bancada de testes do sistema de ACV**

A verificação do comportamento físico do sistema de ACV na bancada, em comparação aos testes veiculares, é possível se considerarmos ambos os testes em condições similares e controladas de operação.

Uma das maneiras de se alcançar estas condições controladas em veículo é com a utilização de túnel de vento veicular, que mantenha a temperatura, a umidade relativa e o funcionamento do veículo (torque e rotação do motor) constante.

Com a estabilização das condições externas, passa-se a verificar a estabilização das seguintes condições de operação do sistema de ACV:

- 1- Pressão de sucção;
- 2- Pressão de descarga;
- 3- Temperaturas nos difusores de ar;
- 4- Temperatura nas regiões da cabeça, tronco e pés dos passageiros (verificação do conforto térmico).

Este procedimento experimental veicular é normalmente adotado para validação do sistema de ACV, na verificação do conforto térmico no interior do veículo.

Os parâmetros verificados em veículo nos itens 1, 2 e 3 podem ser reproduzidos em bancada, sendo suficientes para indicar similaridade de operação entre bancada e veículo.

Caso um túnel de vento não esteja disponível, este procedimento veicular pode ser feito em locais, onde as condições climáticas sejam consideradas estáveis o suficiente para um tempo médio de aquisição dos dados de 1 hora, Teresina é um exemplo destes.

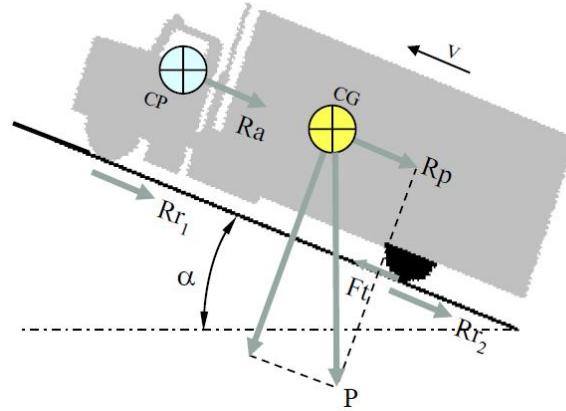
Em túnel de vento, a qualidade dos resultados é melhor. A utilização de um dinamômetro de chassi, instalado dentro do túnel de vento, controla e mede a estabilidade de operação do veículo sendo possível medir a força de tração no pneu e a rotação na roda. O dinamômetro de chassi tem a função de simular as condições de rodagem do veículo, com ou sem carregamento (carga interna, ou rampa).

A Fig. 3.28 mostra um veículo instalado em um dinamômetro de chassi.



**Figura 3.28 - Dinamômetro de chassi (<http://www.caranddriver.com/features/going-nowhere-fast-the-chassis-dynamometers-rise-to-crucial-development-tool-feature>)**

As forças que compõe a força de tração ( $F_t$ ) do veículo podem ser visualizadas na Fig. 3.29, são elas: i) força de resistência aerodinâmica ( $R_a$ ), ii) força de resistência a rolagem – atrito ( $R_r$ ) e iii) força de resistência ao carregamento.



**Figura 3.29 – Componentes da força de tração (Dias, 2011)**

Onde:  $v$  é a velocidade do veículo, CG é o centro de gravidade do veículo,  $\alpha$  é o ângulo de inclinação do veículo e CP é o centro de pressão da componente aerodinâmica.

A força de tração é dada pela Eq. (3.18):

$$F_t = R_a + R_p + R_r \quad (3.18)$$

O valor do torque ( $Tr$ ) no eixo do motor é obtido pela Eq. (3.19):

$$Tr = \frac{F_t \cdot r_p}{i_e \cdot i_d \cdot \gamma_i} \quad (3.19)$$

Onde  $r_p$  é o raio de rolagem do pneu,  $i_e$  é a relação de marcha do veículo,  $i_d$  é a relação do eixo diferencial e  $\gamma_i$  é o rendimento das relações de marcha e do diferencial.

Para a rotação a análise é dada pela equação:

$$n_{motor} = ie.id.n_{pneu} \quad (3.20)$$

A Fig 3.30 mostra a instalação de um veículo no túnel de vento utilizado para verificação dos dados da bancada. Nota-se que o veículo está com suas rodas sobre os rolos do dinamômetro de chassi. Este túnel de vento também é capaz de simular a presença de radiação solar.



**Figura 3.30 – Veículo instalado em túnel de vento (<http://www.worldcarfans.com/110100328793/uwe-gemballa-found-dead-in-south-africa/highphotos#11>, 2012)**

Com os valores de torque, rotação e conhecendo o combustível utilizado no teste do túnel de vento, é feita a configuração do banco dinamométrico onde a bancada do sistema de ACV está instalada.

As condições ambientais dos testes experimentais veiculares medidos em túnel de vento são realizadas em condições similares às adotadas em Teresina (PI), ou seja, 40 °C, 30 % de umidade relativa no ar externo e 1000 W/m<sup>2</sup> de radiação solar.

A Fig. 3.31 mostra o interior de um túnel de vento similar ao disponível para verificação do sistema de ACV.

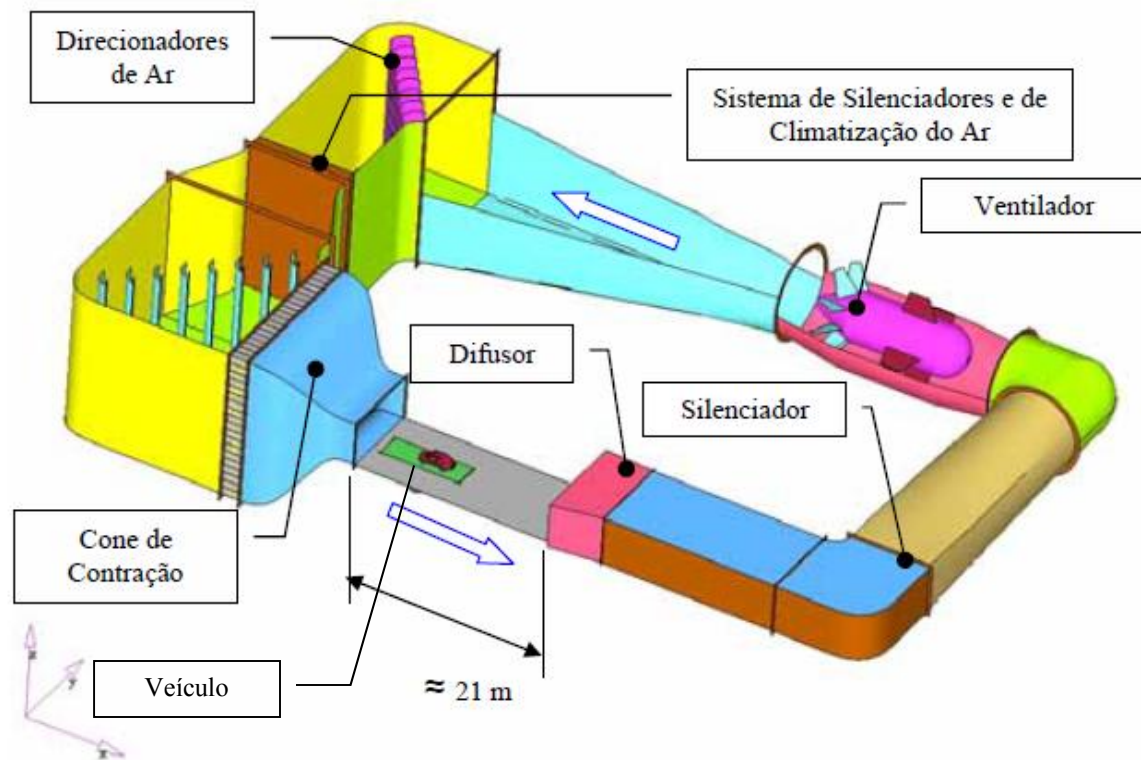


Figura 3.31 - Túnel de vento (Quim, 2007)

Os valores obtidos nos testes de verificação da bancada do sistema de ACV seguem as seguintes condições de operação do veículo: (i) veículo em 1ª marcha e 32 km/h de velocidade (o que nos dá um torque aproximado de 14 Nm a 1570 rpm); e (ii) Em marcha-lenta com veículo parado.

São condições de operação críticas, pois o compressor do sistema de ACV está em baixa rotação, tendo que manter o conforto térmico. Para um compressor de curso variável tipo “*swash-plate*“, isto significa que a placa oscilante estará com uma inclinação bem acentuada, de modo a manter um fluxo de gás elevado, maior curso de pistão, mais trabalho, mais torque, mais potência e mais consumo de combustível.

Isto pode ser verificado por usuários de veículos, que notam que o consumo de combustível é relativamente alto, quando estão parados em congestionamento com o sistema de ACV acionado.



No teste veicular, a captação de ar da caixa de ar é posicionada para operar no módulo econômico (com recirculação de ar interno), na velocidade 2 do ventilador da caixa de ar).

Para se medir os pontos de pressão do gás na sucção e na descarga do compressor, utilizam-se transdutores de pressão HUBA de 0 a 60 bar da Novus (veja informações adicionais no anexo F). Esta faixa de pressão está dimensionada em função da máxima pressão que o ciclo de compressão de vapor do sistema de ACV pode atingir, antes da abertura da válvula de segurança instalada no compressor tenha seu lacre rompido (30 bar).

Conforme já mencionado, as pressões de sucção e descarga servem como parâmetros comparativos de validação, pois se o compressor do teste veicular apresentar o mesmo comportamento que o compressor da bancada, deduz-se que ambos estão solicitando o mesmo torque e potência em seu eixo.

Este procedimento também valida a carga de gás utilizada, uma vez que o comprimento das mangueiras utilizadas no ensaio é maior do que o comprimento das mangueiras utilizadas no veículo.

### **3.5 Análise energética do conjunto motor e compressor**

A Fig. 3.32 apresenta esquematicamente as taxas, ou fluxos de energia que atravessam a fronteira do volume de controle do motor, indicando as condições a e b:

a) sistema de ACV acionado;

b) sistema de ACV desligado.

A diferença entre as condições de operação permite a obtenção da potência no compressor do ciclo de compressão de vapor ( $\dot{W}_{cp}$ )

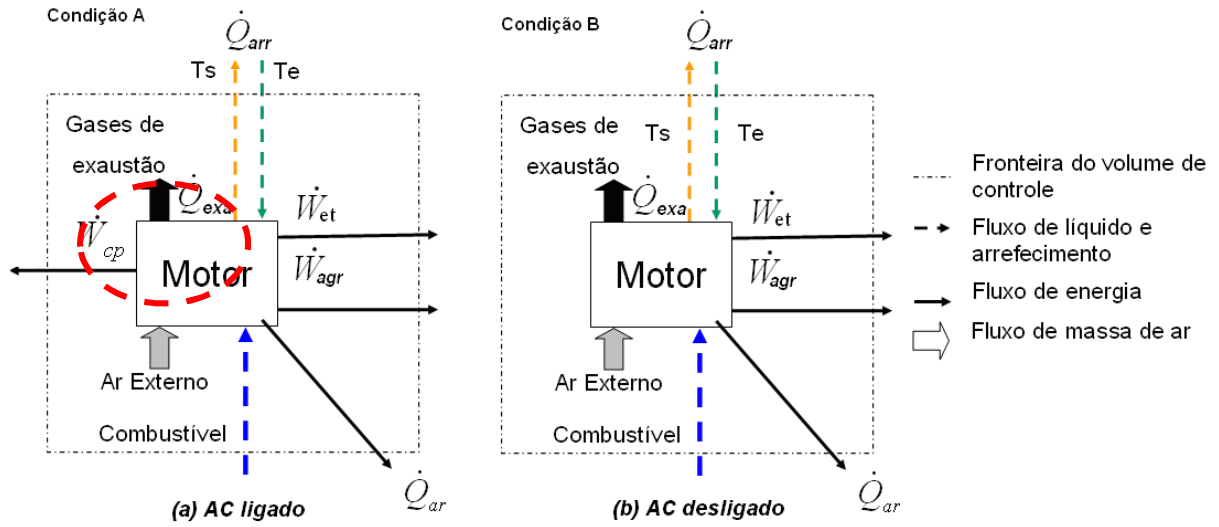


Figura 3.32 - Condições de teste.

Os outros agregados do motor como a bomba d'água, a bomba de óleo, a bomba de direção hidráulica e o alternador, são acionados pelo componente de potência ( $\dot{W}_{agr}$ ).

Considerando a potência total do motor, com o sistema de ACV desligado como ( $\dot{W}_{Total}$ ) como a soma da potência no eixo da transmissão, mais a potência necessária para acionar os outros agregados, conforme é apresentado na Eq. (3.21).

$$\dot{W}_{AC\_OFF} = \dot{W}_{Total} = \dot{W}_{et} + \dot{W}_{agr} \quad (3.21)$$

Pode-se deduzir que a potência do motor em sua capacidade máxima, se reduz em  $\dot{W}_{cp}$ , quando o sistema de ACV é acionado. Como pode ser visto na Eq. (3.22).

$$\dot{W}_{AC\_ON} = \dot{W}_{Total} - \dot{W}_{cp} \quad (3.22)$$

Sendo,  $\dot{W}_{AC\_ON}$  e  $\dot{W}_{AC\_OFF}$  como as potências estimadas a partir do torque medido no eixo do motor com o sistema de ACV acionado e desligado, respectivamente, tem a potência no compressor ( $\dot{W}_{cp}$ ), pela diferença entre as duas condições de funcionamento do motor ( $\Delta\dot{W}_{AC}$ )

$$\dot{W}_{AC\_OFF} - \dot{W}_{AC\_ON} = \Delta\dot{W}_{AC} = \dot{W}_{CP} \quad (3.23)$$

As potências estimadas no eixo do dinamômetro, com o sistema de ACV acionado e desligado é obtida por meio das Eqs. (3.24) e (3.25).

$$\dot{W}_{AC\_ON} = \frac{2.\pi.n.T_{AC\_ON}}{60} \quad (3.24)$$

$$\dot{W}_{AC\_OFF} = \frac{2.\pi.n.T_{AC\_OFF}}{60} \quad (3.24)$$

Onde  $n$  é a rotação do motor em rpm;  $T_{AC\_ON}$  é o torque no eixo do dinamômetro com o sistema de ACV acionado e  $T_{AC\_OFF}$  é o torque no eixo do dinamômetro com o sistema de ACV desligado.

Logo, deduz-se que, em função da carga no eixo do motor e sua rotação (dados medidos no dinamômetro) é possível avaliar os efeitos do funcionamento do sistema de ar condicionado, sobre a potência útil do motor no eixo do dinamômetro.

Caso o motor seja colocado em operação e mantenha-se uma mesma potência parcial no seu eixo, com o sistema de AC ligado e desligado, a diferença de energia é compensada pelo aumento do consumo de combustível.

Isto pode ser comprovado aplicando a 1ª lei da termodinâmica (MORAN; SHAPIRO, 2009):

$$\frac{dE}{dt} = \dot{Q}_{total} - \dot{W}_{total} \quad (3.25)$$

Para regime permanente, temos:

$$\frac{dE}{dt} = 0 \quad (3.25)$$

Portanto:

$$\dot{W}_{total} = \dot{Q}_{total} \quad (3.26)$$

As parcelas que compõem a potência total do motor ( $\dot{W}_{Total}$ ) e o fluxo de calor total rejeitado ( $\dot{Q}_{Total}$ ) podem ser visualizadas na Eqs. (3.27) e (3.28):

$$\dot{W}_{total} = \dot{W}_{agr} + \dot{W}_{et} \quad (3.27)$$

$$\dot{Q}_{total} = \dot{Q}_{arr} + \dot{Q}_{exa} + \dot{Q}_a \quad (3.28)$$

Onde ( $\dot{Q}_{arr}$ ) é o fluxo de calor rejeitado pelo combustível para o sistema de arrefecimento do motor, ( $\dot{Q}_{exa}$ ) é o fluxo de calor rejeitado pelo combustível pelo sistema de exaustão e ( $\dot{Q}_a$ ) é o calor rejeitado pelo combustível para o ar ambiente pelas paredes do bloco do motor.

Portanto a Eq. (3.29) apresenta este equilíbrio termodinâmico:

$$\dot{W}_{agr} + \dot{W}_{et} = \dot{Q}_{arr} + \dot{Q}_{exa} + \dot{Q}_a \quad (3.29)$$

Como os valores de potência para acionar os agregados ( $\dot{W}_{agr}$ ) e a potência no eixo da transmissão ( $\dot{W}_{et}$ ) são constantes, quando a potência do compressor é acrescentada ( $\dot{W}_{cp}$ ), tem-se um acréscimo de fluxo de calor no volume de controle, para manter o equilíbrio termodinâmico.

$$\dot{Q}_{total} = \dot{Q}_{arr} + \dot{Q}_{exa} + \dot{Q}_a \quad (3.30)$$

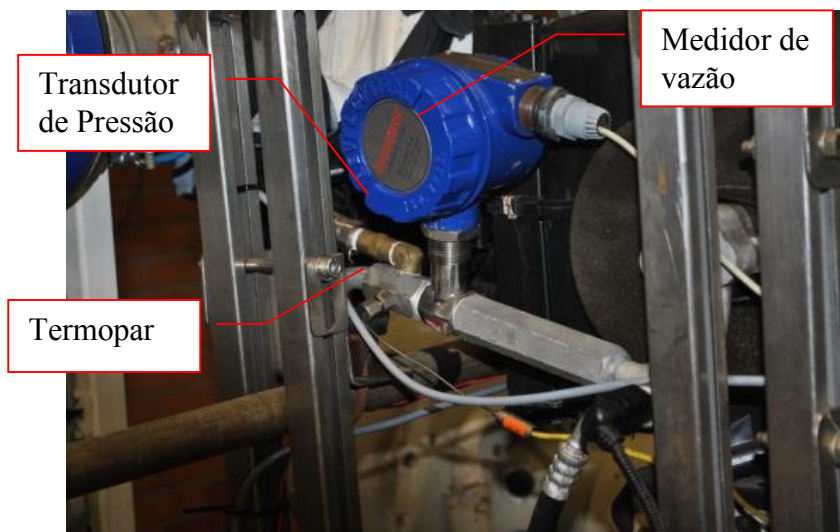
$$\dot{W}_{agr} + \dot{W}_{et} + d\dot{W}_{cp} = (\dot{Q}_{arr} + d\dot{Q}_{arr}) + (\dot{Q}_{exa} + d\dot{Q}_{exa}) + (\dot{Q}_a + d\dot{Q}_a) \quad (3.31)$$

Este aumento de fluxo de calor indica que mais combustível foi inserido no sistema para a potência a mais que o motor recebeu, devido ao acionamento do sistema de ACV.

### 3.5.1 Análise da eficiência do ciclo de compressão de vapor

A análise foi dividida em três conceitos que correlacionam o calor retirado do ar com: (i) A potência utilizada pelo compressor, que é estimada por meio da diferença de torque no eixo do

motor, quando o sistema de AVC está ligado e desligado; (ii) A potência estimada do compressor, em relação às medições pressão e temperatura do gás na sucção e na descarga de gás no compressor e a vazão de refrigerante no sistema, Fig. 3.33 e (iii) Em relação ao consumo de combustível.



**Figura 3.33 – Medição de vazão do refrigerante no sistema de ACV.**

O medidor de vazão de gás apresentado na Fig. 3.33 é um medidor do tipo turbina (Incontrol VTG006 com faixa de medição de 0,51 a 5.94 m³/h), o transdutor de pressão indutivo de 4 a 20 mA (NOVUS, com faixa de medição é de 0 a 10bar de pressão relativa) e o termopar é do tipo K (Exata). Estes equipamentos estão instalados na linha de baixa pressão do sistema de ACV, antes da sucção do compressor.

Todas as três análises utilizam o conceito de coeficiente de desempenho (COP ) que é a razão entre o calor retirado do ar ( $\dot{Q}_{ev}$ ) e potência utilizada pelo compressor ( $\dot{W}_{cp}$ ), (Eq. 2.20).

Assim temos as seguintes expressões para cada uma das análises:

- (i) COP estimado por meio das propriedades do refrigerante, conforme Eq. (2.23):
- (ii) COP estimado em função da diferença de torque no eixo do motor, Eq. (3.32):

$$COP_T = \frac{\dot{Q}_{ev}}{\Delta \dot{W}_{AC}} \quad (3.32)$$

(iii)  $COP_{overall}$  estimado em função da diferença de consumo de combustível medido no dinamômetro ( $\Delta \dot{F}$ ), quando o sistema de ACV é ligado e desligado (Eq. 3.33).

$$COP_{overall} = \frac{\dot{Q}_{ev}}{\Delta \dot{F}} \quad (3.33)$$

O valor de ( $\Delta \dot{F}$ ) vem da Eq. (3.34) que vem da multiplicação entre a diferença de vazão mássica de combustível ( $\dot{m}_{comb}$ ) utiliza com o sistema de ACV ligado e desligado e o poder calorífico inferior do combustível utilizado no teste (PCI):

$$\Delta \dot{F} = \dot{m}_{comb} \cdot PCI \quad (3.34)$$

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Neste capítulo, os projetos dos módulos são considerados parte do resultado desta pesquisa, portanto seus desenhos de construção, seus programas de controle, seus testes funcionais e as análises de seus resultados experimentais caracterizam o projeto, a operação e a utilidade da bancada, quando aplicada à avaliação da influência da operação do ciclo de compressão de vapor sobre o funcionamento do motor a combustão interna.

### **4.1 Projeto da Bancada**

O esquema representado na Fig. 4.1 mostra a montagem dos esquemas dos módulos das Figs. 3.2 (Módulo Evaporador) e 3.22 (Módulo Condensador), no banco dinamométrico, bem como os componentes veiculares do ciclo de compressão de vapor do sistema de ACV.

Na Fig. 4.1 é possível observar detalhes da instrumentação do ciclo de compressão de vapor do sistema de ACV, com a distribuição dos instrumentos de medição e controle dos módulos que compõem a bancada.

A montagem do sistema ACV com o compressor fixado no motor a combustão interna montado no dinamômetro permite, como foi anteriormente explanado, estimar a influência do ciclo de AC sobre o motor a combustão, por meio da medição da diferença de torque e consumo de combustível do motor com o sistema de AC ligado e desligado em uma rotação e carga no eixo do motor pré-estabelecidos. Logo, o banco dinamométrico é considerado um instrumento de medição para o conjunto motor a combustão e compressor.

Por meio da disposição esquemática dos meios de medição e suas interfaces foi possível verificar o modo como a comunicação entre os módulos e a automação se realizaram, disponibilizando cabos elétricos e eletrônicos para acionar os elementos e recursos como energia elétrica e água de reposição no tanque de umidificação, por exemplo.

O esquema da distribuição e montagem dos componentes da bancada de testes do sistema de ACV, do motor com o compressor instalado, do dinamômetro e do circuito de compressão de vapor, dentro da cabine pode ser verificada na Fig. 4.2, esta distribuição respeita o layout da cabine previsto na Fig. 3.



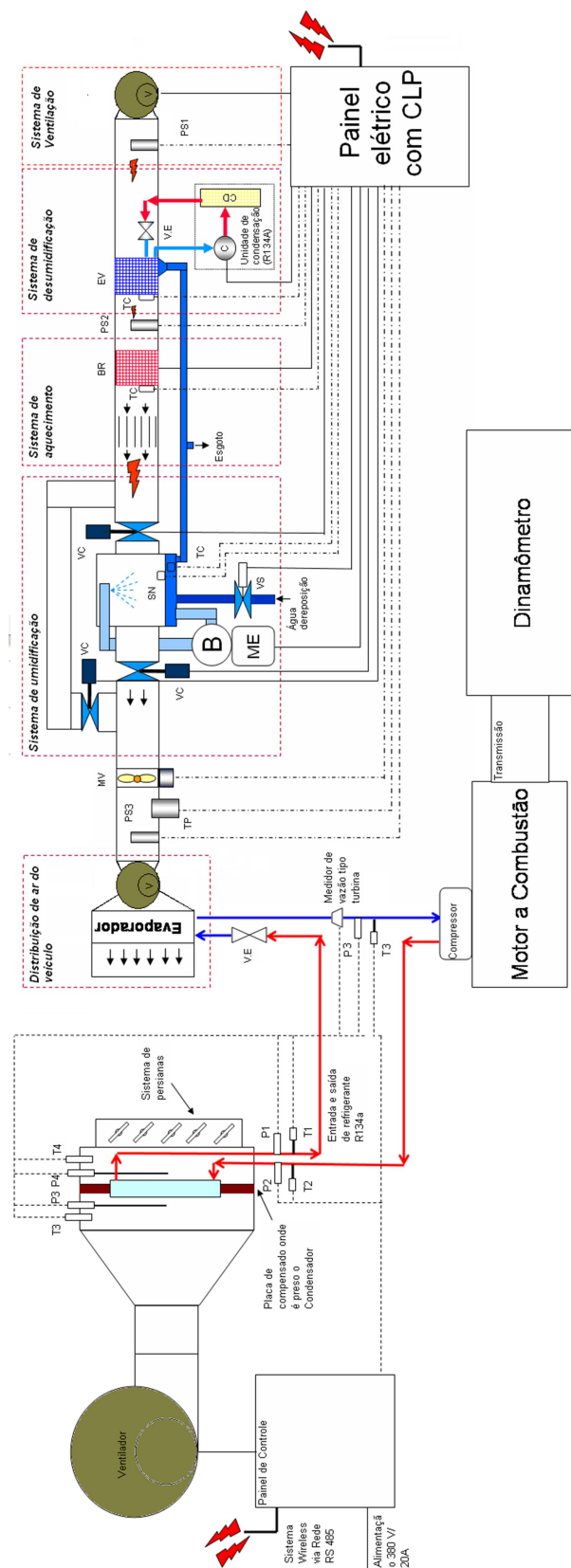


Figura 4.1 - Esquema de montagem dos Módulos Evaporador e Condensador no dinamômetro.

O comprimento das mangueiras das linhas de alta e baixa pressão foram aumentadas em 4m, este procedimento não causou alteração sobre o comportamento do ciclo, para a mesma carga de gás utilizada em veículo (450g de R134-A).



**Figura 4.2 – Distribuição dos equipamentos dentro da cabine.**

#### **4.1.1 Sumário do Dimensionamento dos Sistemas da Bancada**

Na Tab. 4.1 é possível visualizar as características dos equipamentos que compõem a bancada de teste do sistema de ACV.

Os instrumentos de medição por sistema dos módulos são apresentados na Tab. 4.2, onde é mostrado também os instrumentos de medição utilizados para avaliar o ciclo de ACV.

Na Tab. 4.3 é possível verificar os equipamentos de aquisição de dados, controle e automação proposta.

As principais variáveis obtidas durante o dimensionamento, ser observadas na tabela Tab. 4.4

Tabela 4.1 – Principais componentes do sistema de ventilação do módulo evaporador.

		Item	Modelo	Qtd.	Empresa	Potência	
Módulo Evaporador	Sistema de Ventilação	Ventilador	Ciroco VSI 360	1	Ibram	W	Anexo
		Inversora do ventilador	8450105543 - 380-440Vca (3F) / In = 14 A	1	Delta	4413	D
	Sistema de Desumidificação	Unidade de Condensação	HCZ38B50V	1	Danfoss	5516	G
		Evaporador	BC04760093909C	1	Denso	1470	I
	Sistema de Aquecimento	Resistência Elétrica Aleitada	440V - 9W/cm <sup>2</sup> (sob medida)	7	Heizen	-	-
		Relés de estado sólido - Novus	SSR 4825 (com dissipador de calor)	3	Novus	11900	Y
	Sistema de Umidificação	Bomba d'água	Mega block	1	SKF	28500	K
		Bico injetor	(sob medida)	1	Bikus	2206,50	M
		Válvula Gaveta	-	3	Deca	-	-
		Motor de passo/reductor	KTC 5034 348 - 1/PL60 15:1	3	Kalatec	7,26	N
Módulo Condensador	Sistema de Ventilação	Ventilador	Ciroco VSI 360	1	Ibram	4413	O
		Inversora do ventilador	8450105543 - 380-440Vca (3F) / In = 14 A	1	Delta	5516	D
							G

Tabela 4.2 – Instrumentos de medição utilizados na bancada de teste.

Item	Modelo	Qtd.	Empresa	Início	Fim	Precisão	Un.	Sinal	Início	Fim	Un.	Anexo
Módulo Evaporador	Transdutor de pressão	1	Novus	0,9	1,1	±3%	bar	Analogico	4	40	mA	F
	Medidor de Vazão	1	Incontrol	34	1019	±1%	m³/h	Digital - pulsos	4	20	mA	E
	Psicrômetro	3	Novus	-19,9 0	100 100	±1% ±1%	C° %	Analogico Analogico	4 4	20 20	mA mA	C
	Termopar	1	ECIL	-200	1260	0,1	°C	Analogico	-500	500	mV	Q
	Termopar	2	ECIL	-200	1260	0,1	°C	Analogico	-500	500	mV	Q
	Termopar	1	ECIL	-200	1260	0,1	°C	Analogico	-500	500	mV	Q
	Sensores de nível	2	Pils	on	off	-	-	Analogico	-	-	-	Z
	Transdutor de pressão	1	Novus	0,9	1,1	±3%	bar	Analogico	4	40	mA	F
	Termopar	2	ECIL	-200	1260	0,1	°C	Analogico	-500	500	mV	Q
	Termopar	4	ECIL	-200	1260	0,1	°C	Analogico	-500	500	mV	Q
Módulo Condensador	Transdutor de pressão	2	Novus	0	60	±3%	bar	Analogico	4	40	mA	W
	Transdutor de pressão	2	Novus	0	10	±3%	bar	Analogico	4	40	mA	W
	Medidor de Vazão	1	Incontrol	1,02	8,49	±1%	m³/h	Digital - pulsos	4	20	mA	E

**Tabela 4.3 Meios de aquisição e controle de dados.**

	Item	Modelo	Qtd.	Entradas Digital	Saídas Digital	Entradas Analógicas	Saídas Analógicas	Anexo
Módulo Evaporador	CLP - Delta	CPU-SV: 16ED/12ST – DVP 28SV11T	1	17	13	-	-	H
	Cartão Analógico - Delta	DVP 04DA	1		-	-	4	H
	Cartão Analógico/Digital - Delta	DVP 06XA	1	-	-	4	4	H
	Cartão Analógico - Delta	DVP 06AD	1	-	-	6	-	H
Módulo Condensador	Transmissor de Temperatura - Novus	Tx-block	3	-	-	1	1	J
	Comunicação Wireless	AirGate-Modbus - Novus	1	1	1	-	-	R
	Conversor de sinal analógico p/ digital	DigiRail 2A	2	1	1	2	-	S
	Comunicação Wireless	AirGate-Modbus - Novus	1	1	1	-	-	R
Sistema Supervisório de monitoramento	Módulo de aquisição de dados	NI cDAQ-9188XT	1	-	-	-	-	T
	Módulo de Termopares	NI 9213	1	-	-	16	6	U
	Módulo de Corrente	NI 9203	1	-	-	8	-	V
	Módulo Digital	NI 9411	1	6	-	-	-	X
Obs:		Comunicação Wireless	1	1	1	-	-	R

Converte o sinal do termopar de 0-50mV para 4-20mA, para leitura no CLP

Sistema de comunicação Wireless - Para a rede RS 485

**Tabela 4.4 – Principais variáveis estimadas**

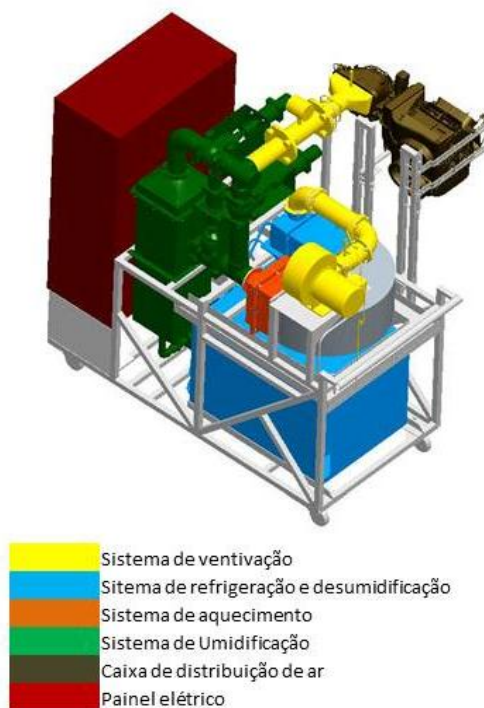
	Sistemas	Variável	Valor	Unidade	
Módulo Evaporador	Sistema de Ventilação	Potência do ventilador	925,0	W	
		Perda de Carga Total no circuito	816,7	Pa	
		Vazão máxima	0,155	m³/s	(25°C e 70%)
		Diâmetro da tubulação	76,2	mm=	3"
	Sistema de Desumidificação	Carga Térmica no Evaporador	7,2	kW	
		Área detroca de calor	1,3	m²	
		Temperatura inicial do ar	40,0	°C	
		Temperatura final do ar	5,0	°C	
		Pressão de condensação	3,2	bar	
		Pressão de evaporação	10	bar	
	Sistema de Aquecimento	Máxima quantidade de carlor dissipado	11,8	kW	
		Número de aletas/resistência	37,0	aletas/resistência	
		Área de troca de calor	0,64	m²	
		Temperatura máx. na base da aleta	700,0	°C	
		Temperatura mínima do ar	0,0	°C	
	Sistema de Umidificação	Perda de Carga Total no circuito	25,0	mca	
		Vazão máxima	3	l/s	
		Diâmetro do rotor	124	mm	
		Diâmetro da tubulação	25,4	mm=	3"
	Módulo Condensador	Sistema de Ventilação	Potência do ventilador	3,7	kW
Perda de Carga Total no circuito			250,0	Pa	
Vazão mássica			1,04	kg/s	(25°C e 70%)
Diâmetro da tubulação			152,4	mm=	6'
Sistema de Ar-Condicionado		Vazão de refrigerante	0,06	kg/s	
		Pressão máxima dalinha e alta	32	Bar	
		Pressão máxima dalinha e baixa	7	Bar	

#### 4.1.2 Desenhos dos Módulos

Baseado nos esquemas apresentados nas Figs. 3.2 e 3.22, bem como no dimensionamento de componentes mostrados no Cap. 3, criou-se os modelos 3D de cada um dos sistemas que compõe os módulos evaporador e condensador, como mostrado nos apêndices A e B, desenvolvidos em CAD, por meio do software Pro-e CREO V5.

Conforme já informado, a carga térmica controlada é aplicada sobre o evaporador que está contido dentro da caixa de ar veicular, excitando a válvula de expansão termostática na entrada do evaporador.

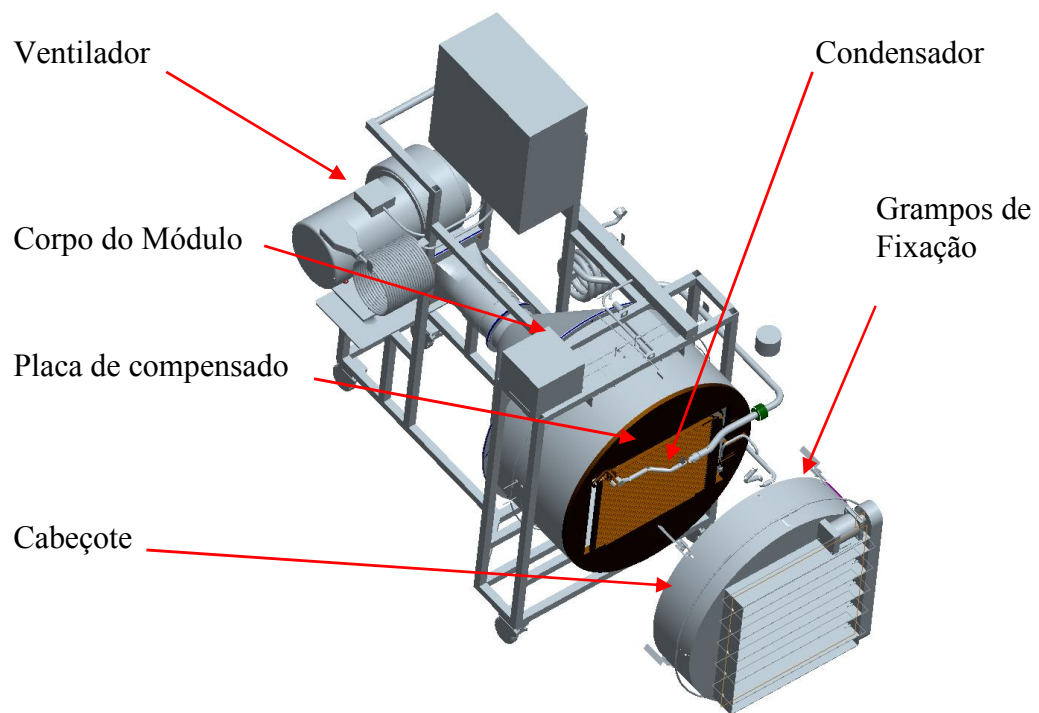
Por meio do módulo evaporador é controlada a temperatura, a umidade relativa e a vazão do ar que passa através do evaporador, a configuração da carga térmica baseia-se na Tab. 3.1 de referência, que serviu como parâmetro inicial para dimensionamento do projeto. A vazão do ventilador do Módulo Evaporador é a mesma do ventilador da caixa de ar do veículo, conforme explanado no item i) Sistema de Ventilação, no Cap. 3. No Módulo Evaporador, o evaporador permanece dentro da caixa de ar do veículo, que é acoplada ao bocal de saída do módulo, como pode ser visto na Fig. 4.3, já no Módulo Condensador, veja Fig. 4.5, o condensador é preso em uma placa de compensado após o ventilador.



**Figura 4.3 – Projeto 3D do Módulo Evaporador.**



**Figura 4.4 – Modelo 3D do Módulo Condensador**



**Figura 4.5 – Montagem do condensador no Módulo Condensador.**



Os desenhos de conjunto dos projetos dos módulos Evaporador e do Condensador podem ser visualizados na Figs. 4.4 e 4.5 respectivamente, os desenhos das peças estão no apêndice A e B. As listas de peças dos desenhos de conjunto dos módulos contendo todos os componentes dos módulos podem ser visualizados nas tabelas contidas nos apêndices A (Módulo Evaporador) e B (Módulo Condensador).

#### 4.1.3 Programas de controle da bancada

A inserção dos parâmetros de controle da carga térmica (temperatura e umidade relativa) e da pressão de condensação, se dá de duas maneiras: (i) por meio de uma interface de comunicação no módulo evaporador, neste caso uma IHM colorida de 10 polegadas, com tela *touch screen*, conforme pode ser observado na Fig. 4.6, ou (ii) através do software supervisorio desenvolvido em LabView versão 2010, operado pelo técnico do dinamômetro fora da cabine dinamométrica.

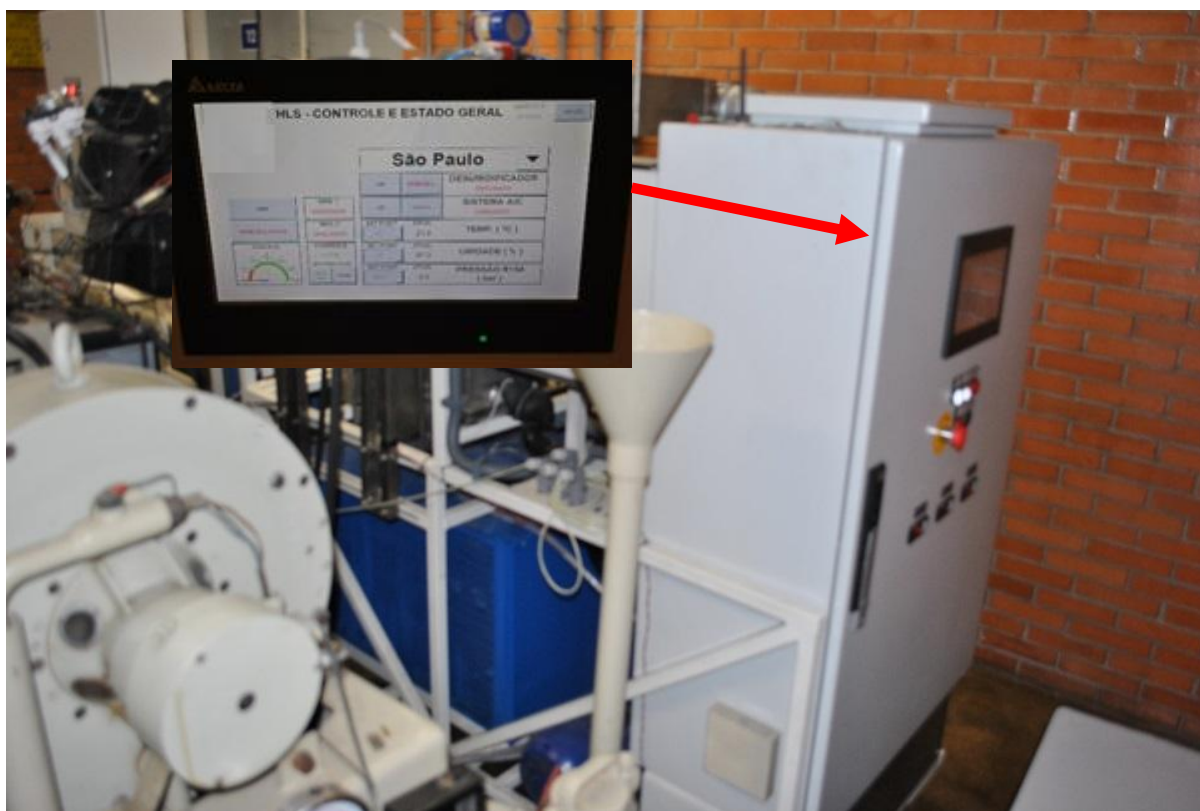


Figura 4.6 – Interface de comunicação dentro da cabine.

Nota-se que na tela “HLS – Controle e Estado Geral” é possível inserir a condição de teste conforme a região, mas também há a opção MANUAL, onde é possível inserir uma condição de teste intermediária qualquer.

Adicionalmente também é possível verificar se os sistemas dos módulos evaporador e condensador estão acionados, como por exemplo, se há água no tanque de umidificação, se há fluxo de ar no equipamento, etc.

Estas verificações complementares auxiliam o operador a saber se os sistemas dos módulos estão funcionando corretamente, informando assim, se há falhas e onde elas ocorrem.

Este programa foi desenvolvido na linguagem Ladder, própria para CLPs, o programa que contém esta linguagem de programação é o ISPsoft versão 1.03, do próprio fornecedor do CLP.

Na tela inicial do programa, apresentado na Fig. 4.7, nota-se a distribuição dos subprogramas desenvolvidos para controle e monitoramento de cada um dos principais componentes dos sistemas dos módulos evaporador e condensador.

Como o módulo condensador não possui unidade de controle interno, sendo controlado pelo CLP, contido no painel elétrico do módulo evaporador. O subprograma de controle deste módulo, comunica-se com o CLP via rede RS-485. Cada sensor (transdutores de pressão e termopares) responsável pelo monitoramento do funcionamento do módulo condensador, bem como, do inversor de frequência do motor elétrico do ventilador, recebeu um endereçamento na rede, sendo a transmissão de dados entre os módulos feita via rede sem fio (wireless).

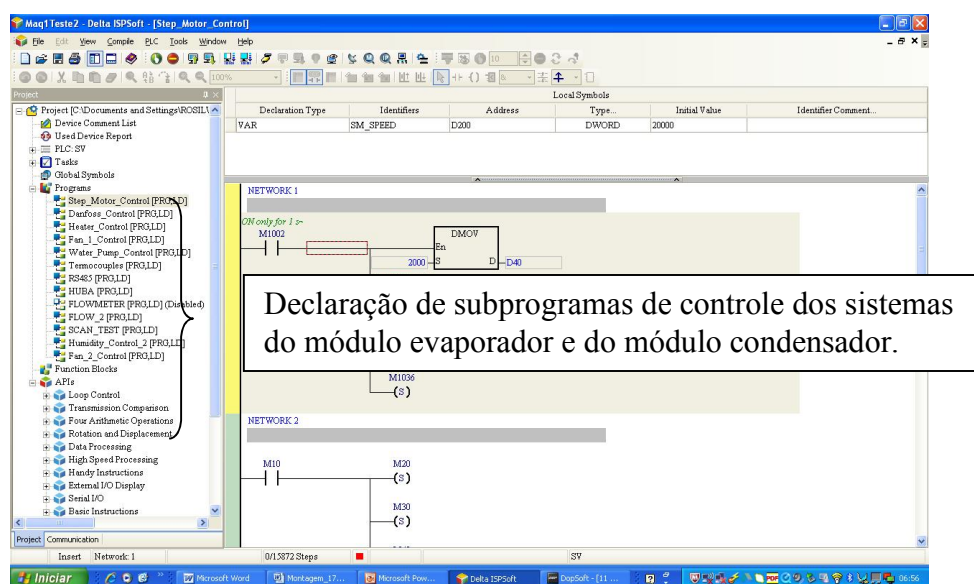


Figura 4.7 – Tela do programa de controle da bancada.

A partir dos subprogramas desenvolvidos em Ladder foram criadas as telas na IHM (interface homem-máquina) via software DopSoft 1.0.00.00. Essas telas representam graficamente o comportamento do funcionamento dos sistemas e o monitoramento das variáveis de controle. Sua visualização pode ser verificada nas Fig. 4.08 a 4.17:

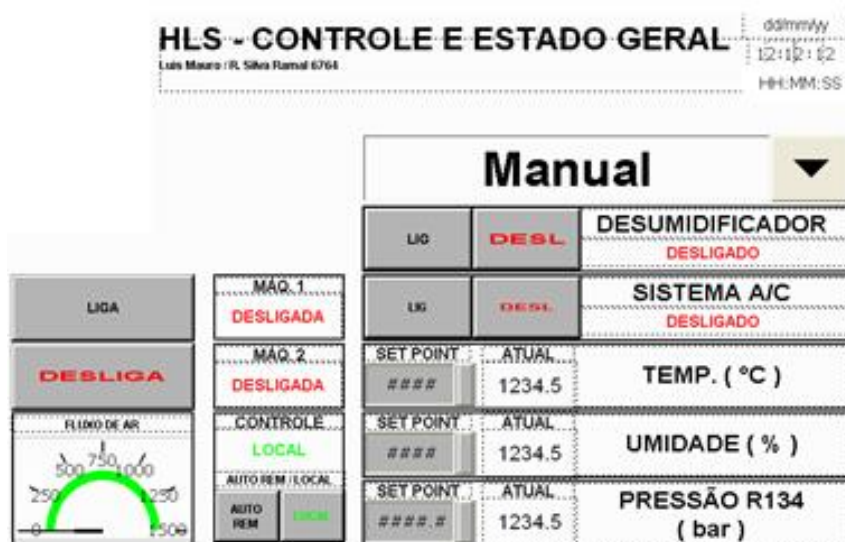


Figura 4.8 – Tela inicial de controle

Da tela inicial, se acessa o conteúdo do menu principal (*MAIN MENU*), por meio do botão *setup* – após se colocar a senha de acesso – esta tela revela *links* com sub-rotinas do programa (Fig. 4.09). Cada um dos botões apresentados na tela mostra o comportamento do funcionamento dos componentes dos módulos.

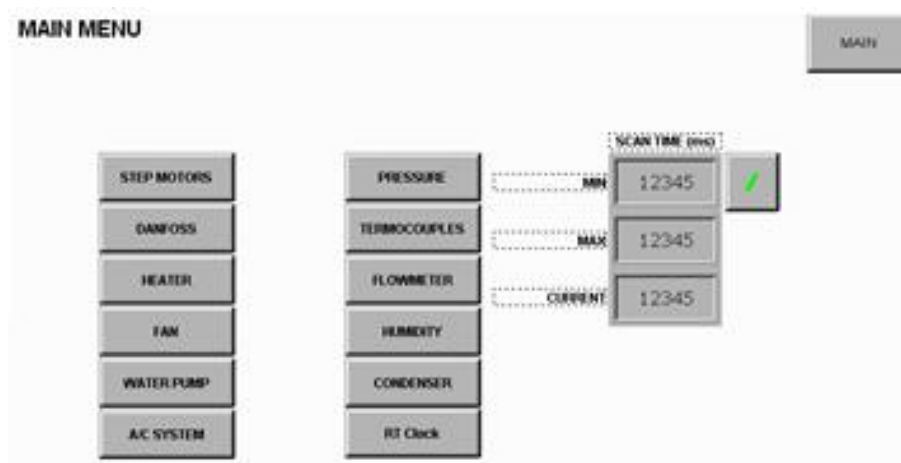


Figura 4.9 – Tela de acesso aos subprogramas de controle.

Na tela mostrada na Fig. 4.10 – referente aos motores de passo que controlam as válvulas de gaveta do sistema de umidificação (tela: *STEP MOTOR*) – é possível visualizar a porcentagem de abertura das válvulas do sistema de umidificação.

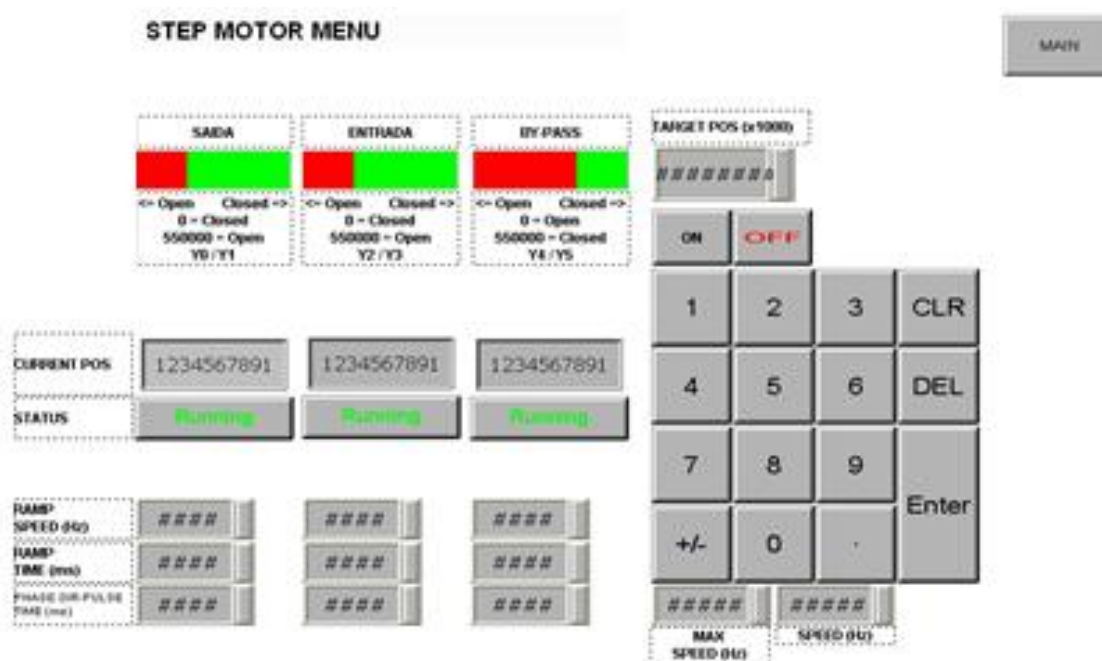


Figura 4.10 – Tela de controle dos motores de passo.

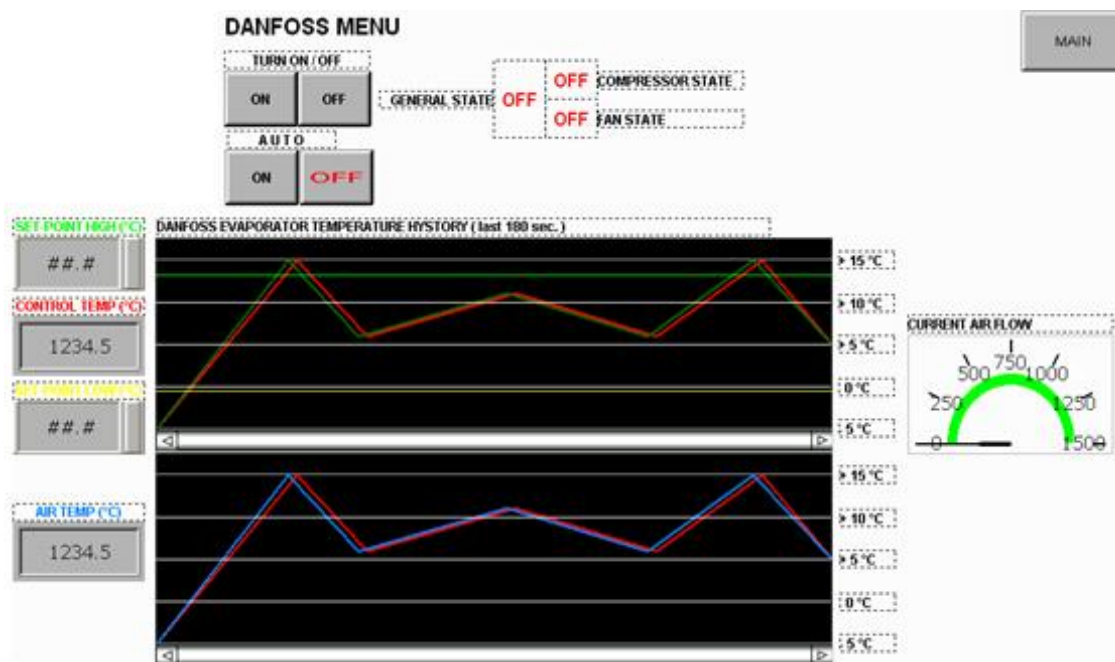
A maioria dos controles são proporcionais, utilizando a lógica de programação PID, como descrita no Cap. 3. Esta lógica é utilizada ao longo de todo programa.

Na linguagem *Ladder* há rotinas de memória preparadas para utilização do PID, onde se lê o sinal do sensor, acrescenta-se o incremento da variável de controle, o valor que se deseja atingir e a taxa de transferência de dados, também conhecido como *bound rate*.

Na tela apresentada na Fig. 4.11 (tela de controle da unidade de condensação do sistema de refrigeração e desumidificação) verifica-se o comportamento da temperatura do ar ao passar pelo evaporador, no caso mostrado na Fig. 4.13. A redução da temperatura do ar é necessária para que ocorra condensação do vapor d'água na superfície do evaporador. Esta temperatura é monitorada por um termopar tipo K instalado após o evaporador.

Um segundo termopar tipo K, instalado na superfície do duto de entrada do evaporador funciona como um termostato da unidade de condensação. Ele garante que não haja formação de gelo no evaporador fazendo-o trabalhar entre as temperaturas de 3°C a 5°C, salienta-se que a

unidade de condensação foi dimensionada para trabalhar com uma temperatura de evaporação igual a 3°C, conforme discutido no Cap. 3.



**Figura 4.11 – Tela de monitoramento do funcionamento da unidade de condensação do sistema de refrigeração e desumidificação.**

Para evitar que o sistema funcione sem carga térmica no evaporador, há na tela de monitoramento do sistema de refrigeração e desumidificação (*DANFOSS MENU*), um mostrador que indica a vazão de ar, chamado *CURRENT AIRFLOW*, este mostrador tem a função lógica de indicar se há fluxo de ar no sistema, liberando o funcionamento da unidade de condensação e demais sistemas do módulo evaporador.

O monitoramento do funcionamento do ventilador do sistema de ventilação está representado na Fig. 4.12. Nesta tela é possível verificar a entrada de bits de comunicação do CLP com o inversor de frequência, e o estado de funcionamento do ventilador, indicando qual é a porcentagem de potência que está sendo utilizada pelo inversor sobre o motor elétrico do ventilador.

Por meio de um sinal digital vindo do medidor de vazão do sistema de ventilação é monitorada a vazão de ar no sistema. Este sinal digital é recebido por canal digital do CLP. No osciloscópio, nota-se que estes pulsos têm formato de onda quadrada com tensão máxima de 5V, vindo do pick-up magnético do sensor de vazão.



No CLP há variáveis monitoradas e controladas via rede RS 485 (via módulo condensador) e recebimento e transmissão de sinais digitais e analógicos.

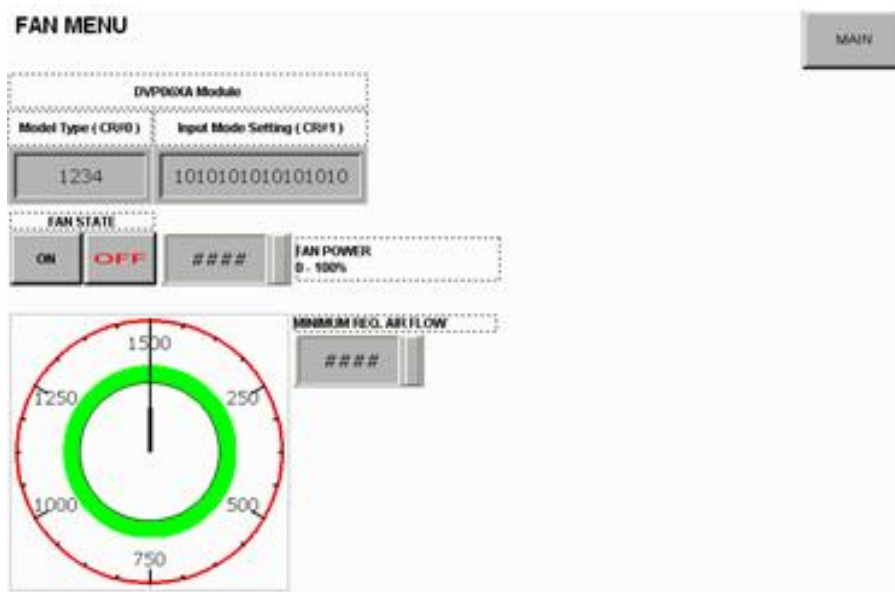


Figura 4.12 – Tela de controle do módulo evaporador.

O monitoramento do funcionamento da bomba d'água do sistema de umidificação é mostrado na tela mostrada na Fig. 4.13.

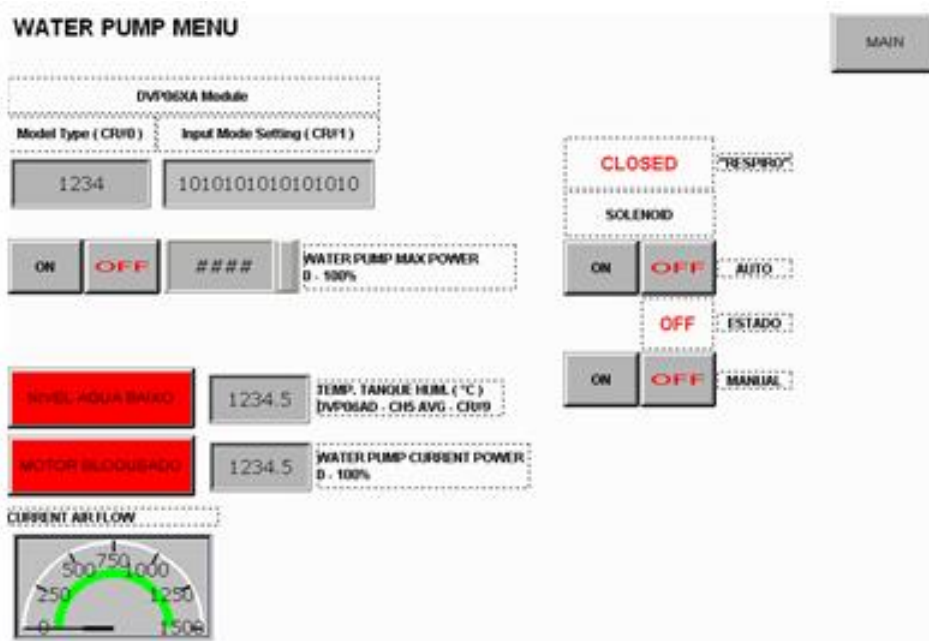


Figura 4.13 – Tela de controle da bomba d'água do sistema de umidificação.

A bomba d'água deste sistema só entra em funcionamento se houver água dentro do tanque de desumificação, que é monitorado por dois sensores de nível (nível mínimo e máximo de operação).

Caso o nível de água esteja abaixo do recomendado é então liberado 1 bit para acionar uma válvula solenoide de 12V ligada a rede de distribuição de água, que libera o enchimento automático do tanque.

Há também a possibilidade de ser feito o enchimento manual do tanque de água do sistema de umificação.

Outro controle de segurança foi elaborado para que a bomba só entre em operação se houver fluxo de ar no sistema.

Nota-se também que os parâmetros de comunicação com o inversor de frequência do motor elétrico da bomba d'água está disposto nesta tela.

Embora o CLP não seja próprio para aquisição de dados, as variáveis de controle dos módulos – representadas nas Fig. 4.14 e 4.15 – foram enviadas via rede RS485 para o software supervisorio em Labview.

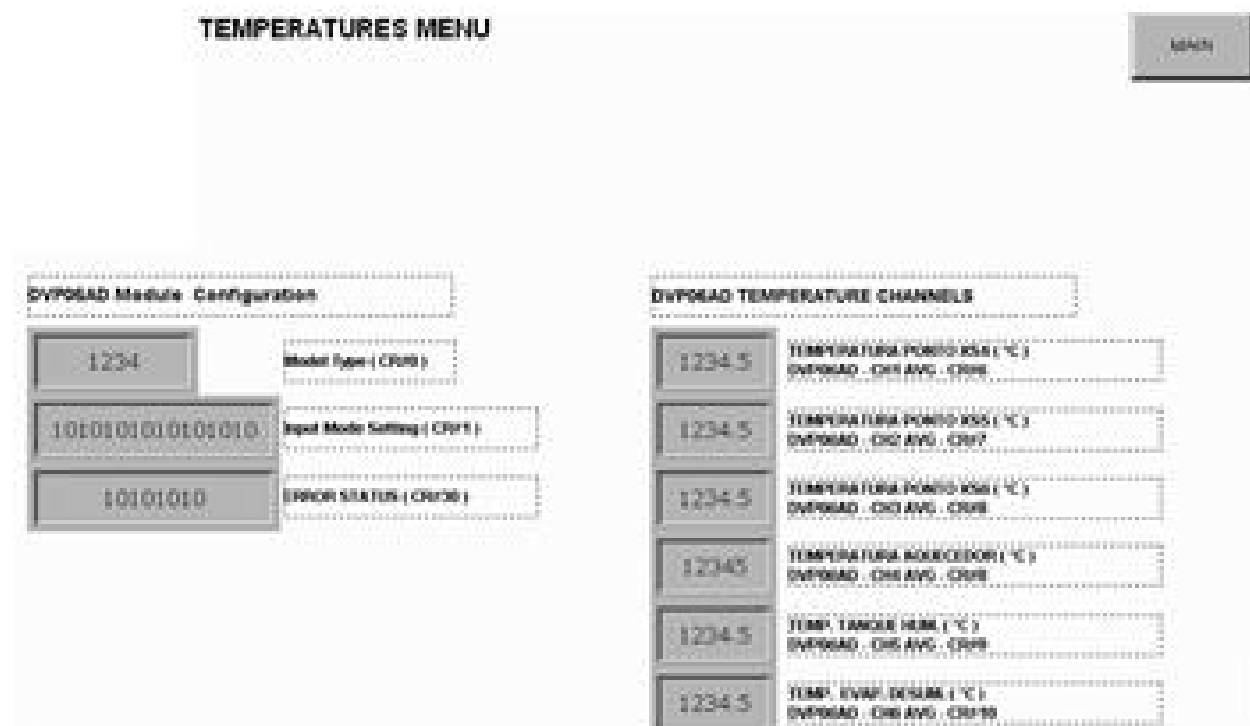


Figura 4.14 – Tela de monitoramento das temperaturas

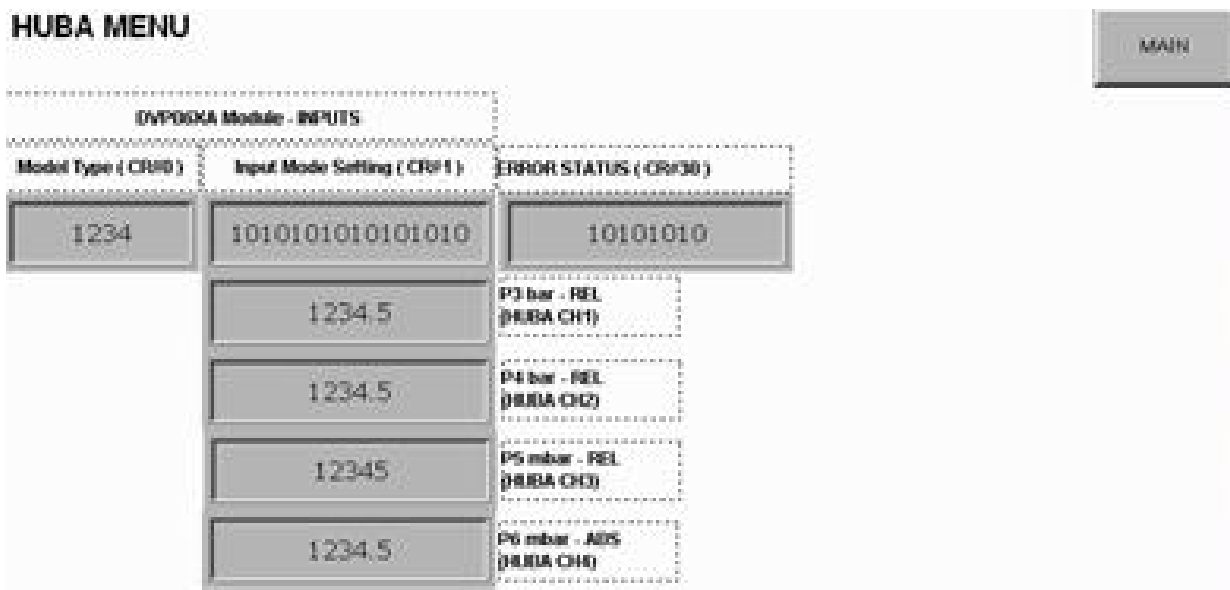


Figura 4.15 – Tela de monitoramento das pressões

A tela de controle do módulo condensador é verificada na Fig. 4.16. Dentre os parâmetros controlados o mais importante é a pressão de condensação.

O controle da pressão de condensação é o único parâmetro configurável na tela principal apresentada da Fig 4.16, os demais são apenas monitorados.

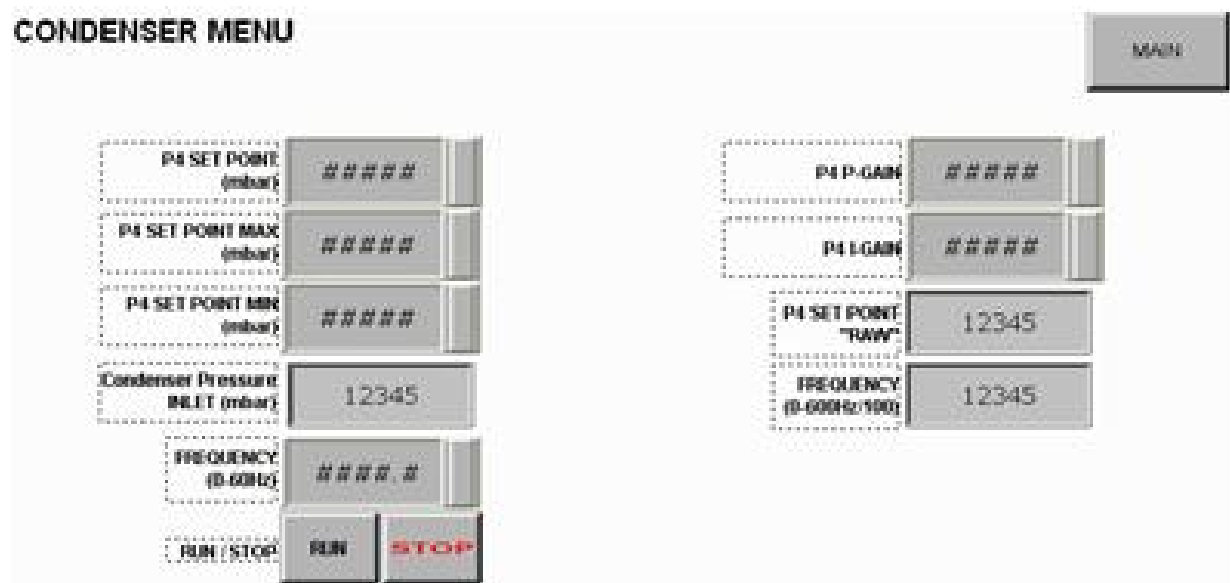


Figura 4.16 – Tela de controle do Módulo Condensador



Adicionalmente, o acionamento do sistema de ACV também pode ser feito via esta interface, conforme pode ser observado na tela da Fig. 4.17.

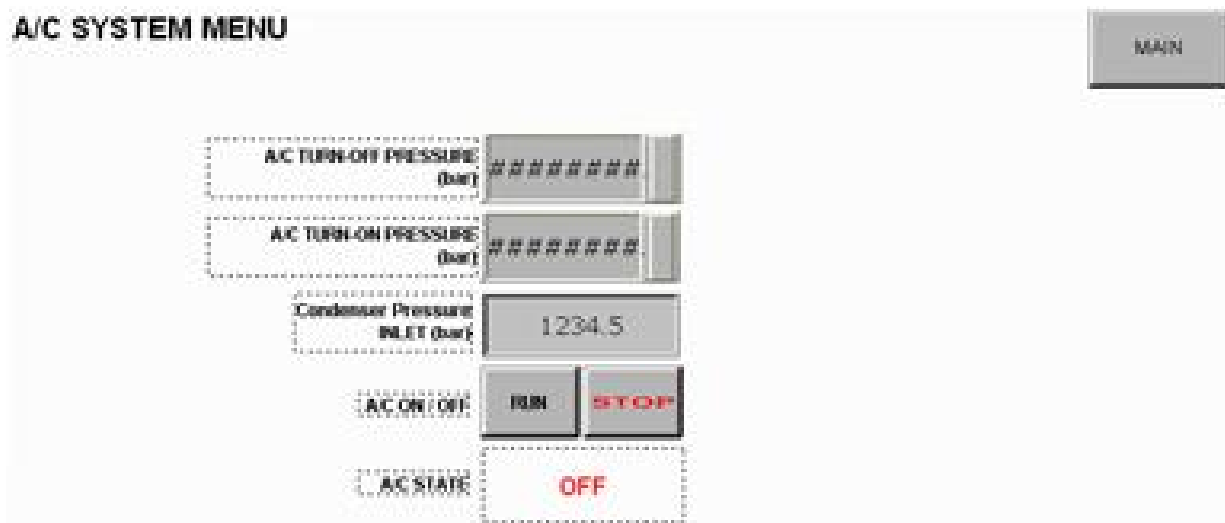


Figura 4.17 – Tela de acionamento do sistema de ACV.

No painel elétrico há um rele comandado por um bit. Este rele tem a função liberar a tensão de 12V, que aciona a embreagem magnética de compressor do sistema de ACV.

### Programa Supervisório

O software supervisor tem as seguintes funções:

- 1- Evitar a entrada do operador dentro do banco dinamométrico quando o motor está ligado;
- 2- Gravar as variáveis do processo;
- 3- Acompanhar a estabilidade do sistema fora da cabine permitindo uma melhor condição de medição das variáveis.
- 4- Diagnosticar o comportamento dos componentes dos sistemas, informando se estão funcionando corretamente.

Este programa foi desenvolvido em LabView 2010 e a comunicação com o programa em Ladder foi realizado via rede RS-485 via *wireless*.

Na tela principal do *software* supervisor (Fig 4.18) é possível escolher uma condição pré-estabelecida conforme a Tab. 3.1, ou inserir valores de pressão de condensação, temperatura e umidade relativa.

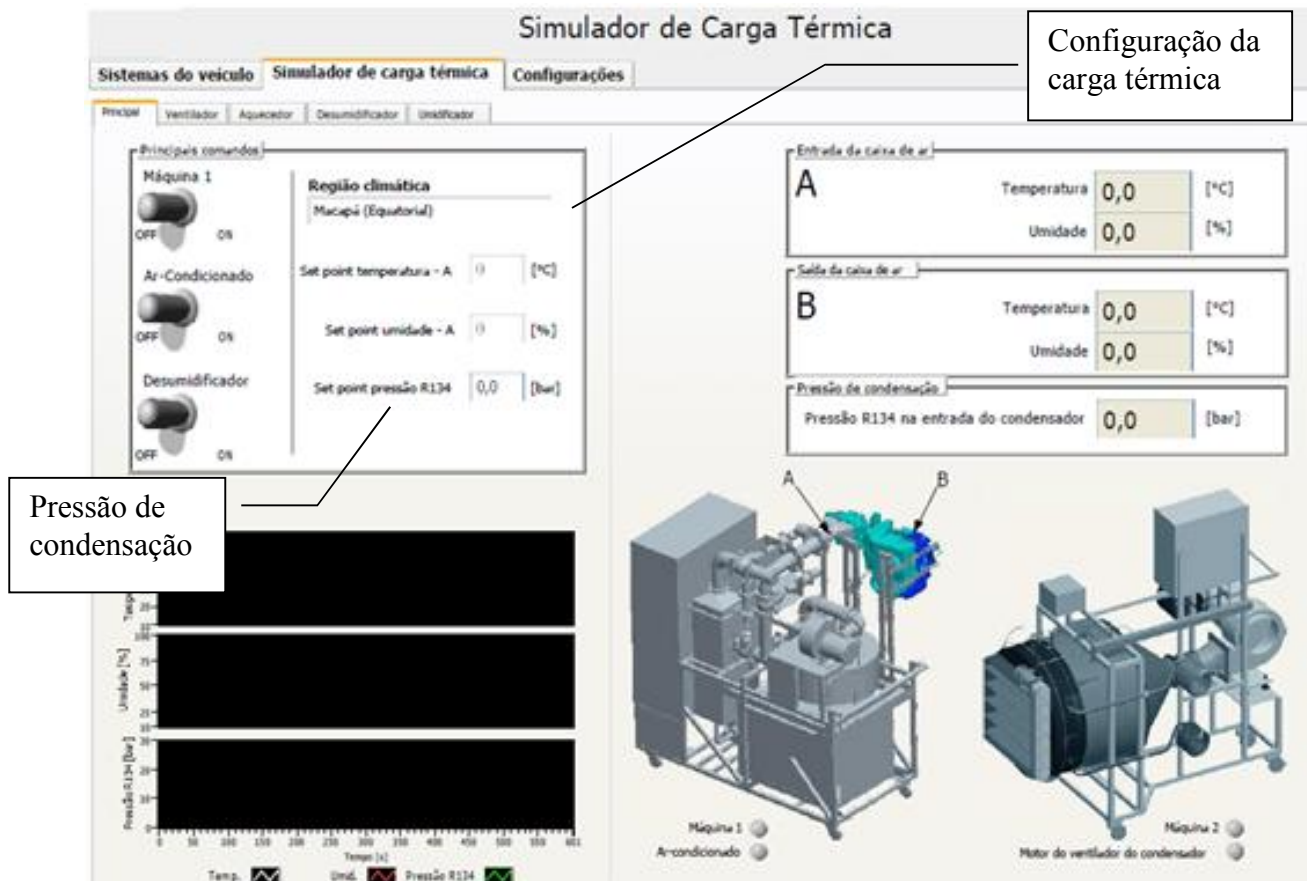
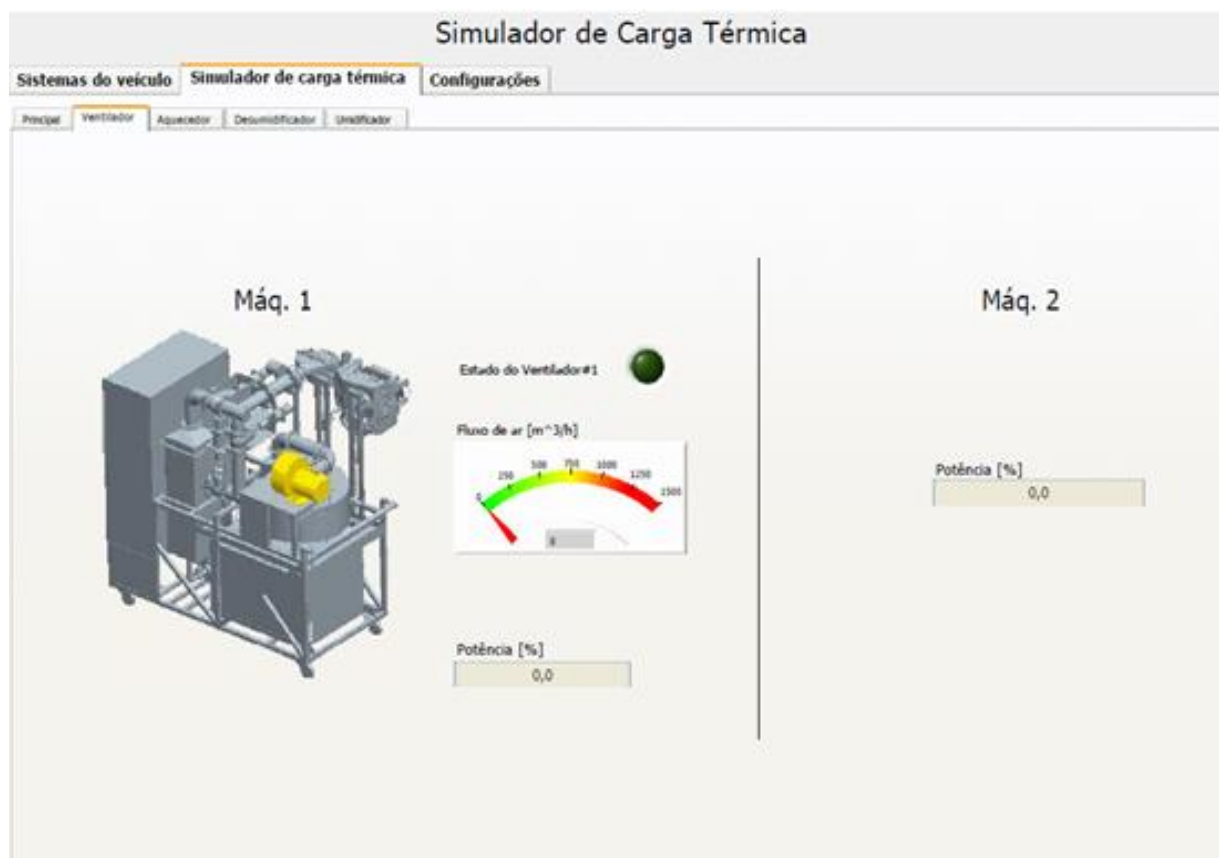


Figura 4.18 – Tela principal de controle da Bancada do sistema de ACV.

Há três *displays* que apresentam a estabilização das três variáveis de controle inseridas em função do tempo. A tela 4.20 aciona os módulos e pode alterar as configurações do CLP.

Há ainda quatro abas na planilha de desempenho, que avaliam o funcionamento do ventilador, aquecedor, umidificador e desumidificador.

O conteúdo destas abas pode ser visualizado nas Fig. 4.19, 4.21, 4.23 e 4.25. Não há lógica de controle, apenas monitoramento de variáveis nestas abas.



**Figura 4.19 – Monitoramento de funcionamento do ventilador.**

Na tela da Fig. 4.19 são monitoradas as potências dos ventiladores das máquinas 1 e 2, módulos evaporador e condensador, respectivamente. Adicionalmente, no monitoramento do ventilador do sistema de ventilação do módulo evaporador é verificado a medição de fluxo de ar, que entra na caixa de distribuição de ar do veículo.

A Fig. 4.20 mostra o ventilador e o medidor de vazão do módulo evaporador monitorado pela tela apresentada na Fig. 4.19.

O monitoramento da caixa de resistências pode ser visualizado na Fig. 4.21, há dois termopares, instalados na superfície de duas resistências, têm a função de segurança.

Medidor de Vazão



Ventilador

Figura 4.20 – Ventilador e medidor de vazão.



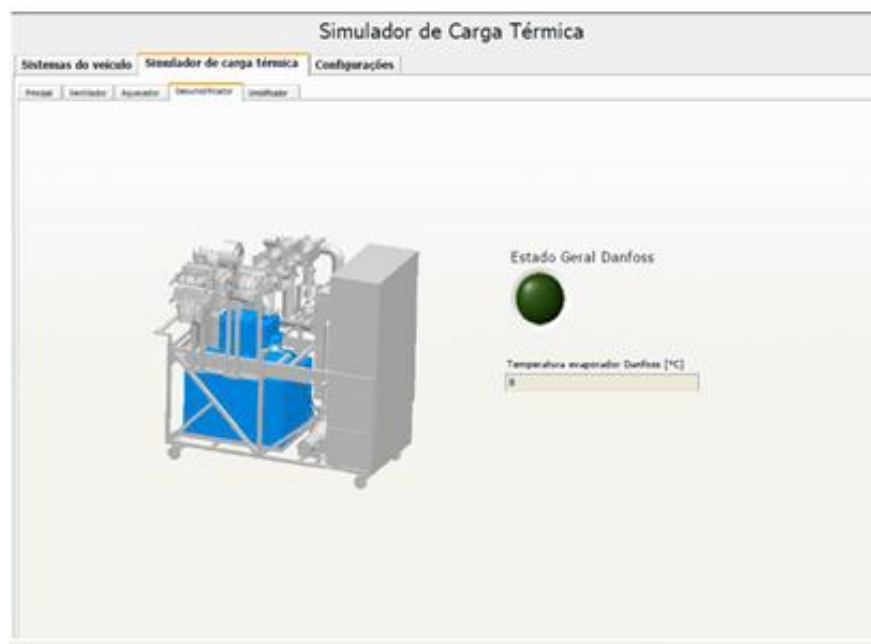
Figura 4.21 – Monitoramento de funcionamento do sistema aquecedor.

Quando a temperatura na superfície das resistências ultrapassa 330 °C, as três fases que estão ligadas aos relês de estado sólido são cortadas. Estes termopares podem ser visualizados na Fig. 4.22. As resistências da caixa de resistência são acionadas por lógica PID até que a temperatura do ar inserida na tela da Fig 4.18 seja atingida.



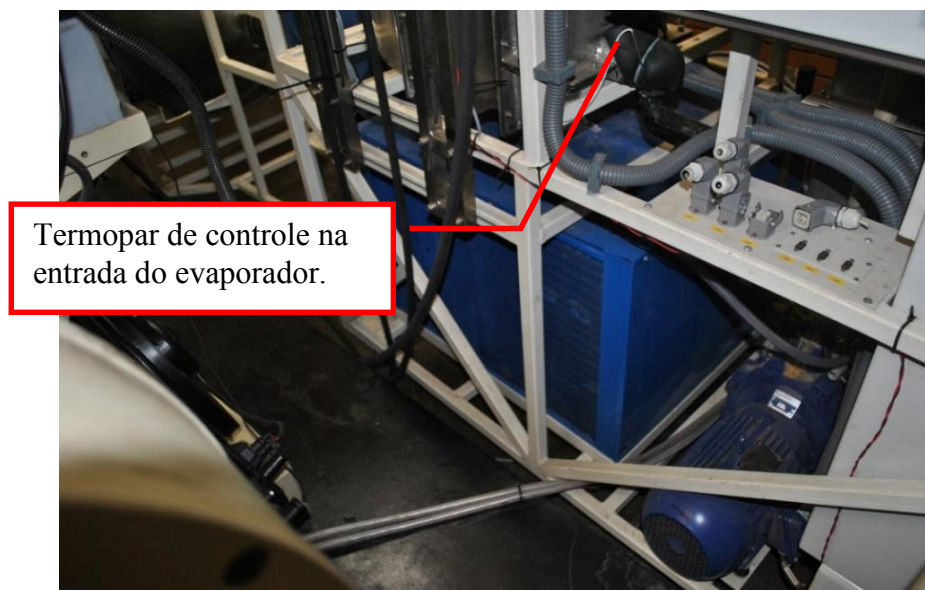
**Figura 4.22 – Caixa de Resistências.**

A Fig. 4.23 apresenta o monitoramento da temperatura do termopar na entrada do evaporador do sistema de desumidificação, esta temperatura não pode ser inferior à 3 °C.



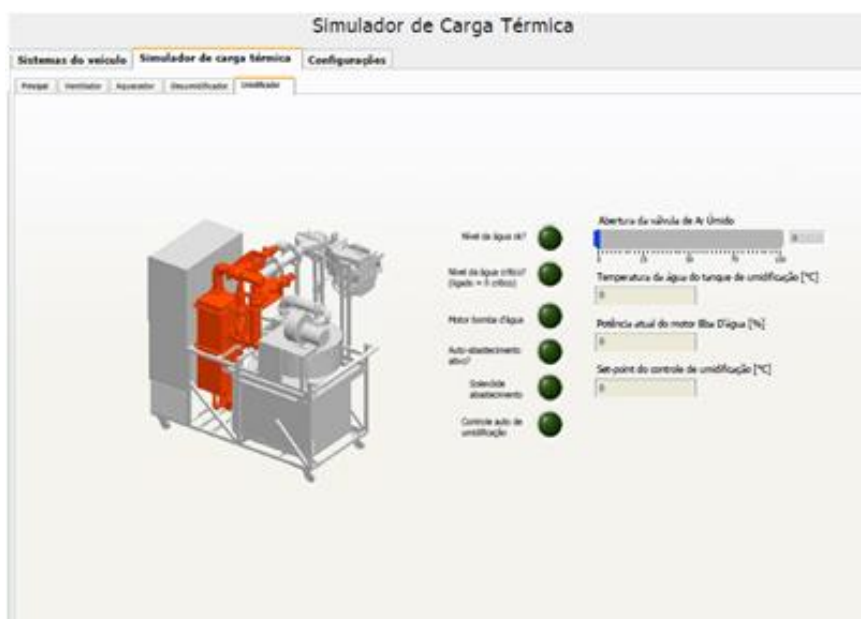
**Figura 4.23 – Tela de monitoramento da unidade de condensação do sistema de desumidificação.**

Na Fig 4.24 pode-se visualizar a unidade de condensação com seu termopar de controle instalado.



**Figura 4.24 – Unidade de condensação e termopar de controle.**

A Fig. 4.25 mostra o monitoramento do sistema de umidificação, nela é observado se o do nível de água no tanque de umificação (Fig. 4.25) está próprio para operação do sistema.



**Figura 4.25 – Tela de Monitoramento do sistema de umidificação.**



Na tela da Fig. 4.25 é acompanhada a porcentagem de abertura da válvula de gaveta (valor obtido do driver do motor de passo) e o abastecimento automático do tanque de umidificação, que se dá por meio da energização de uma válvula solenoide, (Fig. 4.27).

Um dos recursos disponíveis no inversor frequência, utilizado para controlar a rotação do motor da bomba d'água é o sinal de potência do motor da bomba. Outro recurso monitorado é o controle da temperatura no tanque de umidificação, pois caso haja pouca água no tanque, a temperatura da água tende a aumentar, para não correr riscos, desliga-se a bomba quando a temperatura do tanque atinge 60°C.



**Figura 4.26 – Tanque de umidificação.**



**Figura 4.27 – Válvula solenoide.**

Na tela apresentada na Fig. 4.28 é apresentada o estado geral de funcionamento do ciclo de ACV. Nela, um gráfico com a curva de saturação do R134A é atualizado em tempo real com o funcionamento do ciclo. Este gráfico permite acompanhar a estabilidade e os valores estimados de potência do compressor e as taxas de calor trocadas no evaporador e condensador.

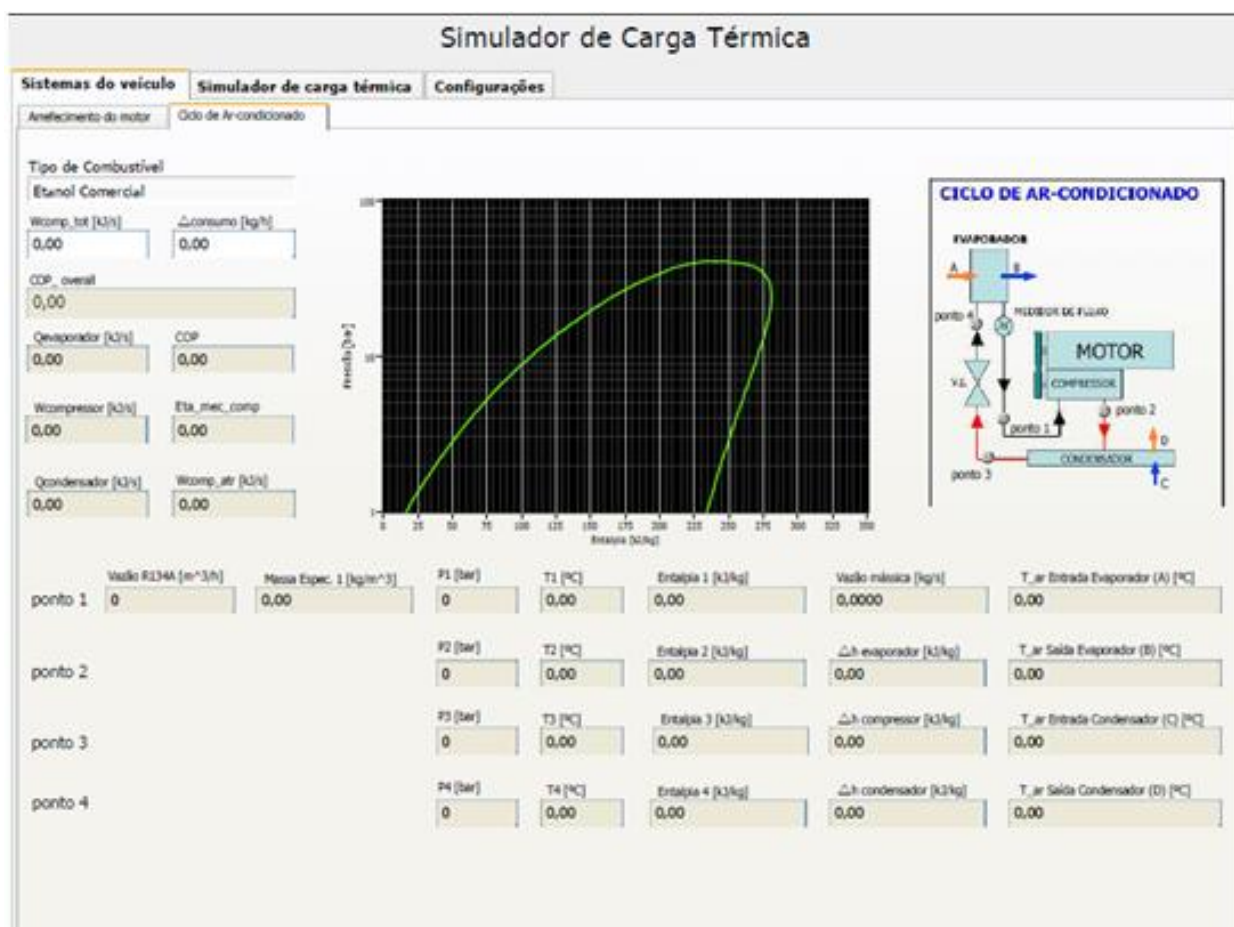
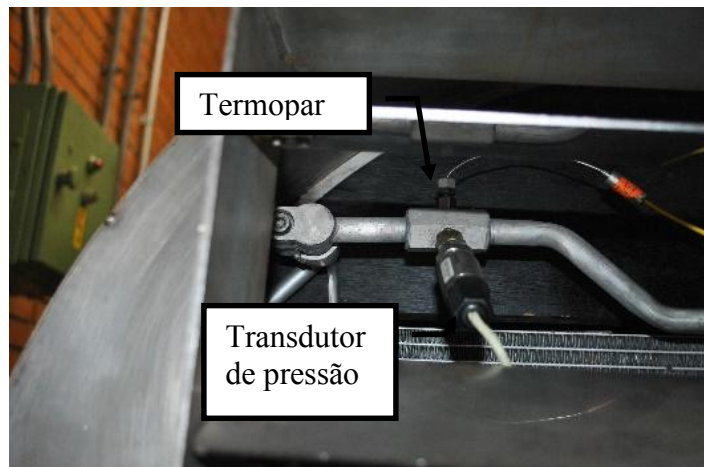


Figura 4.28 – Tela de Monitoramento do ciclo de compressão de vapor do sistema de ACV.

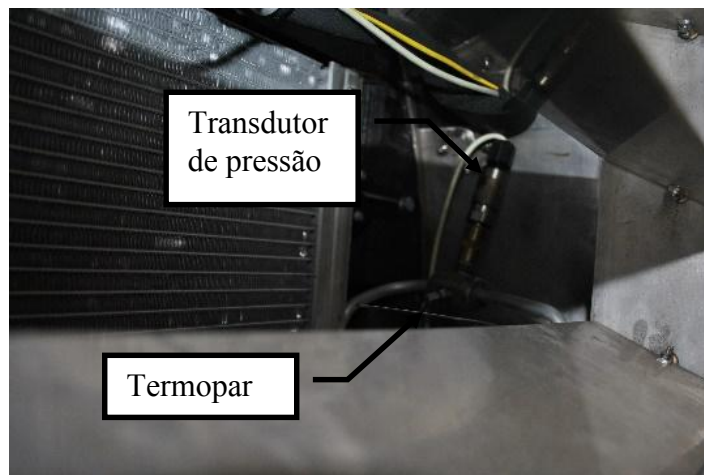
Na tela da Fig. 4.28 é possível verificar os valores obtidos dos COPs definidos no Cap. 3, conforme Eq. 2.21, 3.30, 3.31.

A instrumentação dos pontos 1 e 2, indicados nas Figs. 4.29 e 4.30. Trata-se da entrada e saída do condensador. O sinal analógico de 4 a 20 mA do transdutor de pressão da entrada do condensador é monitorado via CLP do controle da pressão de condensação, aumentando ou diminuindo a rotação do motor elétrico do ventilador do Módulo Condensador.

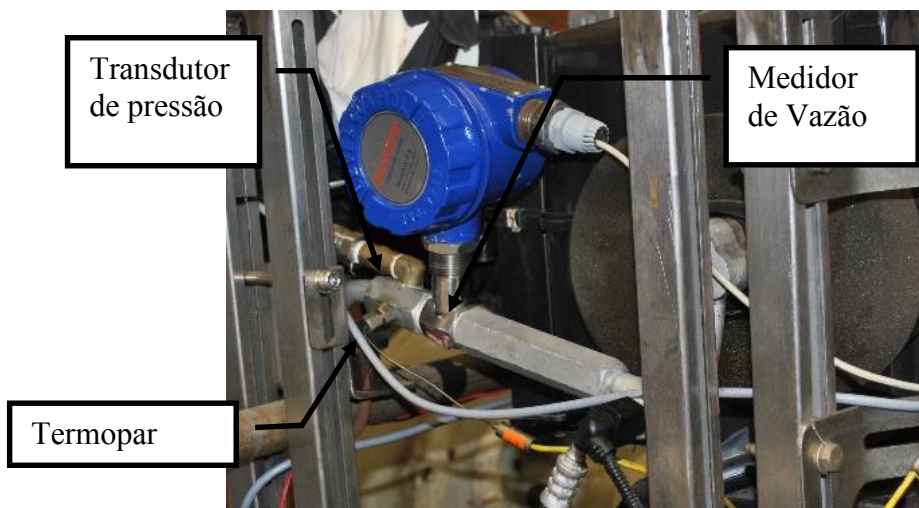




**Figura 4.29 – Instrumentação do ponto 1**



**Figura 4.30 – Instrumentação do ponto 2**



**Figura 4.31 – Instrumentação do ponto 4.**

A obtenção das propriedades que caracterizam o ponto 4 - temperatura ( $T_{ev,out}$ ) e pressão do gás ( $P_{ev,out}$ ), é indicada na Fig 4.31, neste ponto também é feita a medição da vazão de refrigerante

Os pontos 1, 2 e 4 do ciclo de compressão de vapor ficam caracterizados portanto por duas grandezas medidas (pressão e temperatura), permitindo através da hipótese de expansão isoentálpica e consequente queda de pressão, seja obtido o ponto 3 na entrada do evaporador.

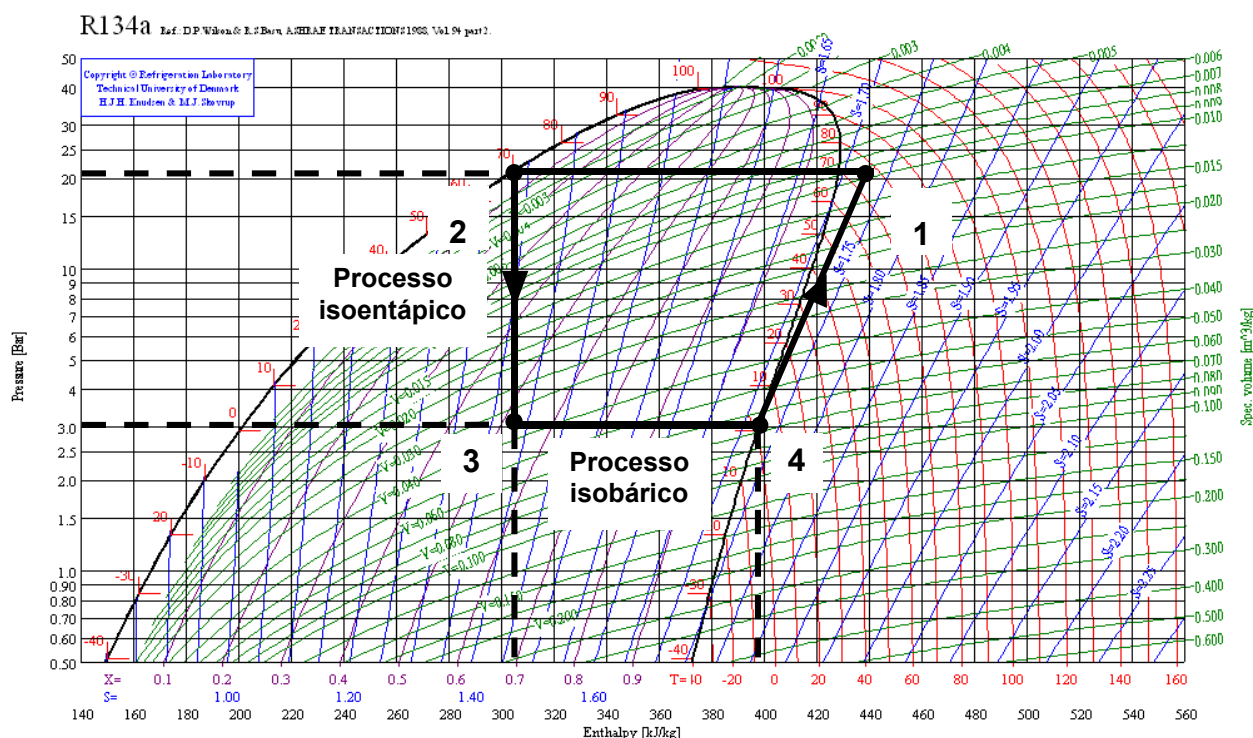


Figura 4.32 – Diagrama P-H do ciclo de compressão de vapor

Este recurso foi adotado devido à falta de espaço para inserir mais instrumentação dentro da caixa de ar do veículo. A curta distância entre a válvula termostática e o evaporador dificultou o acesso local.

#### 4.1.4 Painéis elétricos

Os principais componentes eletroeletrônicos existentes no painel do módulo evaporador, estão apresentados na Fig 4.33.

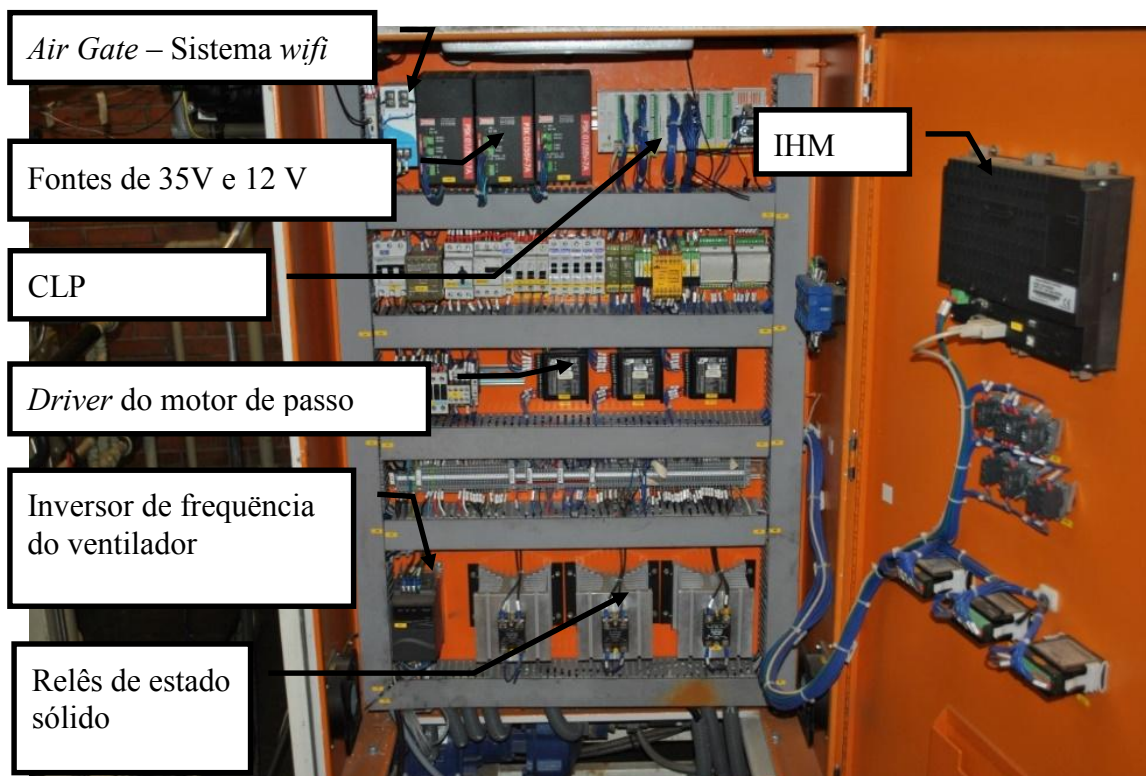


Figura 4.33 – Painel do eletroeletrônico

Na Fig. 4.34 é apresentado o painel elétrico que contém o C-DAQ, que recebe parte dos dados analógicos e digitais que monitoram o sistema.

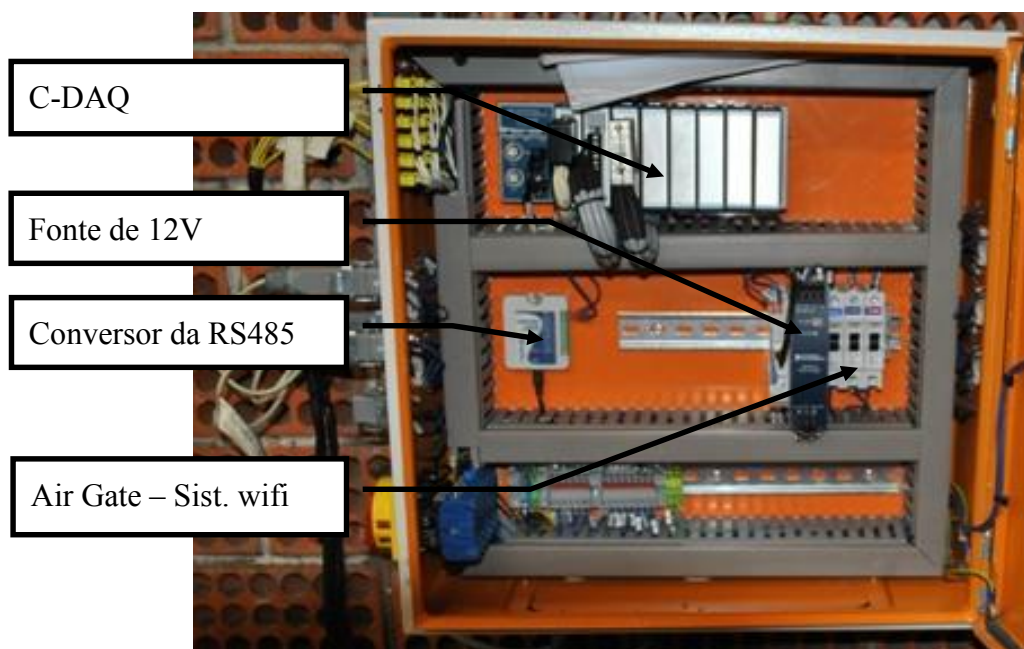


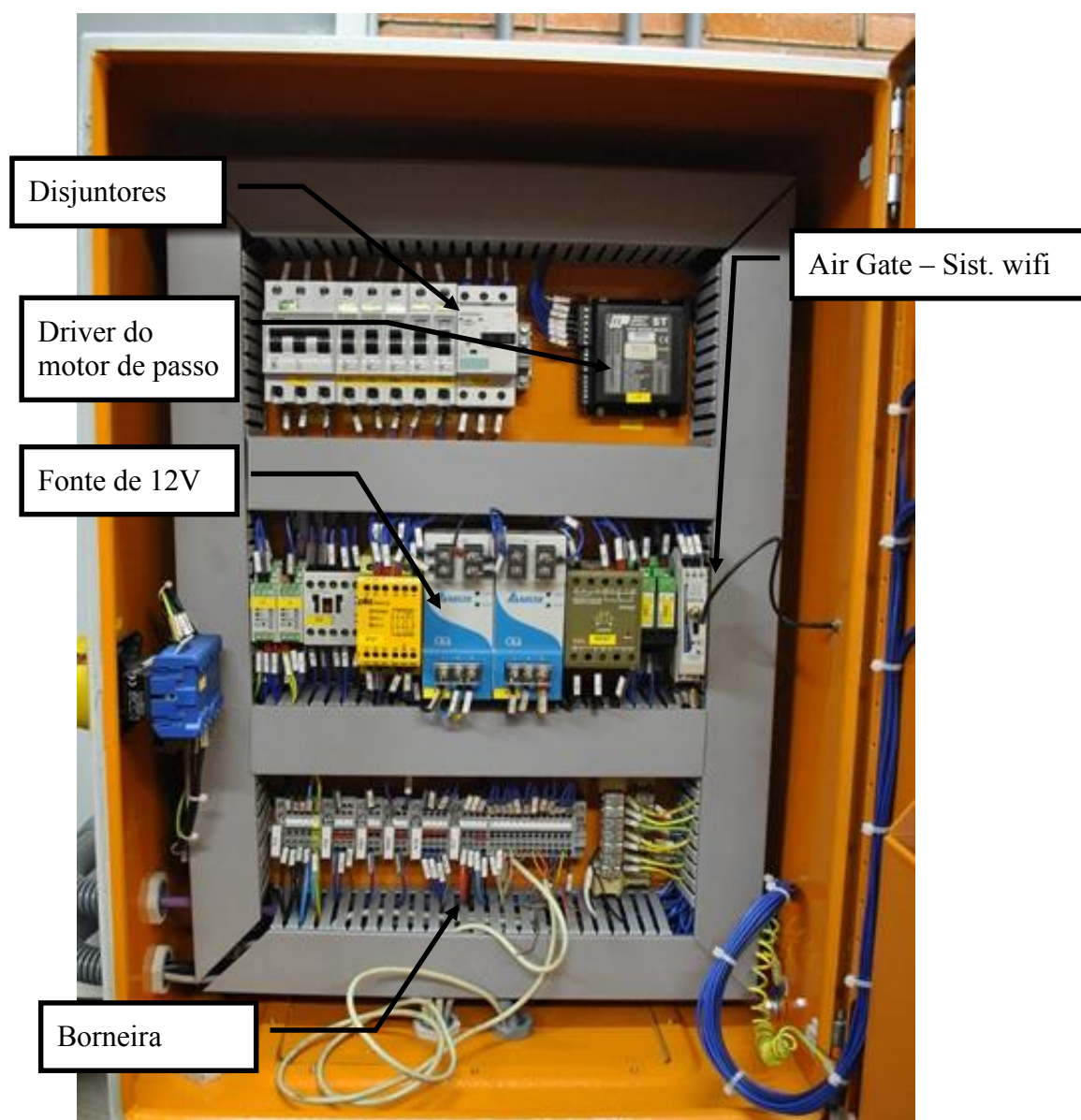
Figura 4.34 – Painel do C-DAQ



As medições dos parâmetros obtidas no ponto 4 (pressão, temperatura e vazão de refrigerante), foram aquisitadas via C-DAQ, bem como a rotação do motor a combustão.

Este procedimento foi adotado, para diminuir a quantidade de dados transferidos via rede RS 485, que diminui sua velocidade à medida que novos parâmetros de medição são transferidos.

Na Fig. 4.35 são apresentados os principais componentes do Módulo Condensador, em destaque o sistema de transmissão de dados via *wireless* pelo dispositivo *Air Gate* da NOVUS.



**Figura 4.35 – Painel do Módulo Condensador.**

Nota-se que não há unidade de controle instalada neste módulo.

## **4.2- Verificação da funcionalidade da bancada**

A verificação da funcionalidade da bancada foi feita por meio de comparação, entre testes funcionais e testes veiculares de validação do sistema de ACV.

Os testes de validação do sistema de ACV foram realizados em de túnel de vento – similar ao apresentado na Fig. 3.24 – com condições controladas de 40°C e 30% de umidade relativa, em regime permanente (condições similares à Teresina (PI).

Os valores obtidos nos testes de validação do sistema de ACV têm duas etapas de operação, conforme as seguintes condições de funcionamento do motor do veículo:

- (i) Com o veículo em 1ª marcha e 32 km/h de velocidade (o que nos dá um torque aproximado de 14 Nm a 1570 rpm);
- (ii) Em marcha lenta com veículo parado, cerca de 900 rpm.

Estas são condições de operação críticas, pois o compressor do sistema de ACV está também em baixa rotação, tendo que manter o fluxo de gás, que passa pelo evaporador para manter o conforto térmico.

Nestas condições, a captação de ar da caixa de ar é posicionada para operar no módulo econômico (com recirculação de ar interno), na 2ª velocidade de seu ventilador de 4 velocidades:

Da instrumentação veicular, as seguintes grandezas serão avaliadas em bancada:

- 1- Pressão do gás na sucção do compressor;
- 2- Pressão de gás na descarga do compressor;
- 3- Temperatura e umidade relativa do ar na entrada da caixa de ar;
- 4- Temperatura e umidade relativa do gás na saída da caixa de ar.

As pressões de sucção e descarga são parâmetros que caracterizam as condições de operação do condensador, pois fornecem indicação sobre o trabalho do compressor tem de elevar a pressão do gás de um valor para outro, solicitando o mesmo torque e potência em seu eixo.

Este procedimento também verifica se a carga de gás utilizada no experimento da bancada é adequada, uma vez que o comprimento das mangueiras utilizadas no ensaio é maior do que o comprimento das mangueiras utilizadas no veículo.

Os valores obtidos nas medições de validação do sistema de ACV podem ser vistos no anexo L. A bancada de testes foi configurada para inserir o ar, na caixa de ar, conforme a média de valores obtidos na medição próxima aos pés do usuário, pois fica próximo à entrada de ar do ventilador da caixa de ar, na condição de recirculação.

As condições de estabilização do teste podem ser verificadas na tabela 3.1.

**Tabela 4.5 – Comparação entre o teste veicular realizado em túnel de vento e a bancada.**

cond.	Pontos de medição	Teste veicular	Bancada	Diferença
1ª marcha - 32 km/h	Temperatura do ar de entrada, $T_i$ (°C)	$31.0 \pm 0.1$	$31.2 \pm 0.1$	$0.20 \pm 0.14$
	Umidade relativa na entrada, $\phi_i$ (%)	$65\% \pm 1\%$	$66\% \pm 1\%$	$1.0\% \pm 1.4\%$
	Temperatura do ar na saída (°C)	$5.0 \pm 0.1$	$5.5 \pm 0.1$	$0.50 \pm 0.14$
	Umidade relativa do ar na saída, $\phi_o$ (%)	$80\% \pm 1\%$	$81\% \pm 1\%$	$1.00\% \pm 1.14\%$
	Pressão no condensador, $P_{cd}$ (bar)	$19 \pm 0.1$	$19.1 \pm 0.1$	$0.10 \pm 0.14$
	Pressão no evaporador, $P_{ev}$ (bar)	$2 \pm 0.1$	$2.2 \pm 0.1$	$0.2 \pm 0.2$
Marcha lenta	Temperatura do ar de entrada, $T_i$ (°C)	$38.0 \pm 0.1$	$39.5 \pm 0.1$	$1.5 \pm 1.5$
	Umidade relativa na entrada, $\phi_i$ (%)	$63\% \pm 1\%$	$63\% \pm 1\%$	$2.00 \pm 1.14$
	Temperatura do ar na saída (°C)	$12.0 \pm 0.1$	$12.5 \pm 0.1$	$0.50 \pm 0.14$
	Umidade relativa do ar na saída, $\phi_o$ (%)	$80\% \pm 1\%$	$82\% \pm 1\%$	$2.00\% \pm 1.14\%$
	Pressão no condensador, $P_{cd}$ (bar)	$21.0 \pm 0.1$	$21.0 \pm 0.1$	$0.10 \pm 0.14$
	Pressão no evaporador, $P_{ev}$ (bar)	$4.0 \pm 0.1$	$4.2 \pm 0.1$	$0.20 \pm 0.14$

cd = Condição

Un = Unidade

Var = Variável

Massa de gás R134a = 450g

A bancada permite regulação em qualquer temperatura e umidade dentro do espectro de temperatura e umidade da carta psicrométrica da cidade de São Paulo, ao qual foi dimensionada, bastando informar a temperatura e a umidade relativa do ar, o torque e a rotação (condições do motor/veículo) e a pressão de condensação.

Um erro máximo de 3% foi determinado como aceitável no equipamento. Logo, os valores apresentados na Tab. 4.5 demonstram que a bancada está funcionando conforme o teste veicular.

#### 4.2.1 Comparações com resultados experimentais da literatura

A comparação com os ensaios citados no Cap. 2, item 2.5 tem o objetivo de verificar se os resultados e o comportamento dos diferentes sistemas e técnicas abordadas para medição do sistema de ACV são compatíveis com os resultados fornecidos pela bancada de ACV desenvolvido neste trabalho.

Dentre os experimentos citados foram comparados os experimentos de Jabardo *et al.* (2002), Díaz (2002), Kaynakli e Horus (2003) e Petroski (2005).

Os experimentos de Xuquam *et al.* (2003) e Moura (2007) são realizados em veículo, logo optou-se por não compará-los, por se tratar de um método diferente do abordado nesta dissertação, no caso de Benouali e Clodic (2005) seu experimento é equivalente ao realizado por Díaz, com compressor *swash-plate*.

Todos os cálculos de incerteza foram gerados no software EES Professional V9.032-3D e respeitaram a precisão dos aparelhos de medição inclusos nos experimentos.

#### i) Jabardo *et al.* (2002)

Na Tab. 4.6 são apresentados os valores utilizados para configurar o software e a bancada de teste na simulação comparativa. Parte destes valores foram extraídos de Jabardo *et al.* (2002).

**Tabela 4.6 – Valores comparativos utilizados para configuração da bancada do sistema de ACV.**

Intervalo de medição		
Parâmetro	Intervalo	
Trabalhos	Jabardo et al, (2002)	Presente trabalho
Rotação do motor/compressor - $n$ (rpm)	1550-5250	900-6000
Temperatura do ar de retrono do condensador - $T_{a, \text{ret}; \text{cd}}$ (°C)	15-35	10-35
Vazão mássica de refrigerante - $\dot{m}_g$ (kg/s)	0,139	0,155
Temperatura do ar de condensação - $T_{a, \text{cd}}$ (°C)	30-40	40
Velocidade média do ar condensado - $u_{a, \text{cd}}$ (m/s)	3	5

Nas Figs. 4.36 e 4.37, pode-se verificar a comparação de dois compressores de curso variável, o compressor tipo wobble-plate simulado por Jabardo *et al.* (2002) e o do tipo swash-plate testada na bancada de ACV.

Lembrando que a proposta de Jabardo *et al.* (2002) era a comparação entre a simulação de um software para dimensionamento do sistema de ACV e testes de validação experimental de seu software.

Na Fig. 4.36 estão expostos graficamente os valores comparativos das análises.

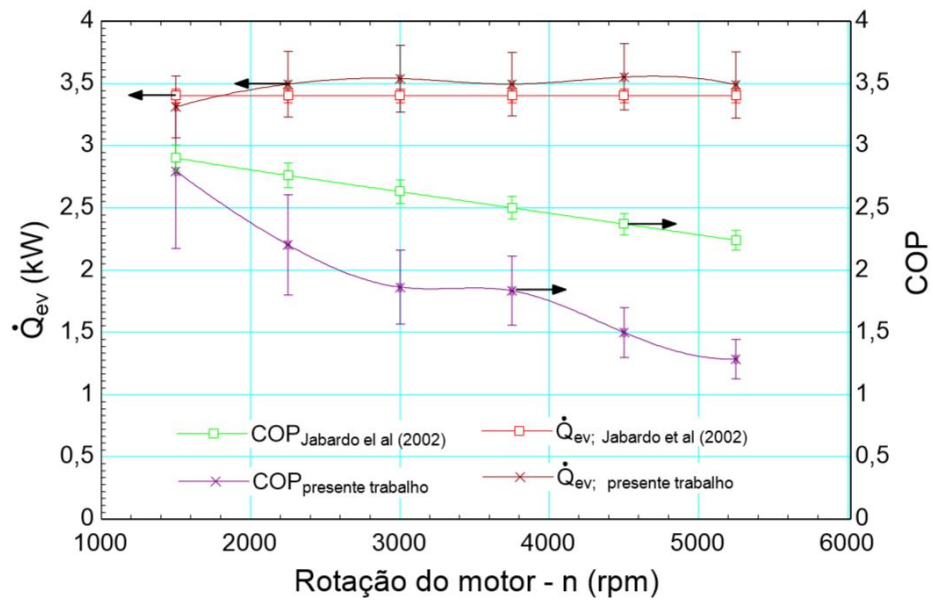


Figura 4.36 – Comparação entre análises

Nota-se que as análises foram realizadas em condições semelhantes, obtendo valores semelhantes de calor absorvido no evaporador e no COP.

Este mesmo comportamento pode ser notado na quantidade de fluxo de massa utilizada na sistema, conforme pode ser observado na Fig.4.37.

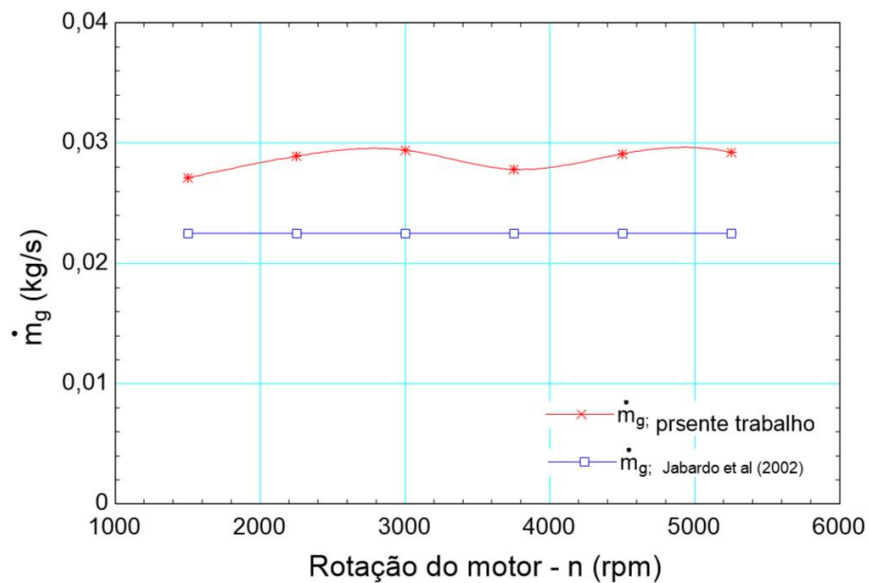


Figura 4.37 – Comparação de vazão entre modelos.

Compressores de curso variável tendem a manter o mesmo fluxo de massa de refrigerante, isto se deve ao seu mecanismo compensador. O gráfico na Fig. 4.37 apresenta esta tendência,



sendo que a maior diferença observada entre os valores do presente trabalho e o de Jabardo *et al.* (2002) foi de cerca de 26%.

## ii) Díaz (2002)

Conforme informações contidas na dissertação de Díaz (2002), foi utilizado um compressor marca DENSO, modelo 6P148A, do tipo swash plate, nas condições de operação do lado de alta de 3,53 MPa que equivale a 35,3 bar de pressão e lado de baixa 1,67 Mpa que equivale a 16,7 bar de pressão. Estes valores de pressão apresentam inconsistência com o que foi avaliado no presente trabalho, pois o ciclo de ACV trabalha normalmente entre 21 bar e 4 bar de pressão em sistemas de ACV.

A temperatura de admissão de ar sobre o evaporador foi de 40°C e a de saída de ar no evaporador foi de 18°C, onde a carga de gás de 850,5 g foi considerada a que tinha melhor COP. Logo, a avaliação comparativa se concentrou nos valores obtidos para esta carga de gás, embora a carga de gás adotada tenha sido de 450g, conforme é utilizado na produção de veículos utilizando este sistema.

Conforme pode ser visto no gráfico da Fig 4.38, as vazões de gás para os dois circuitos podem ser consideradas equivalentes.

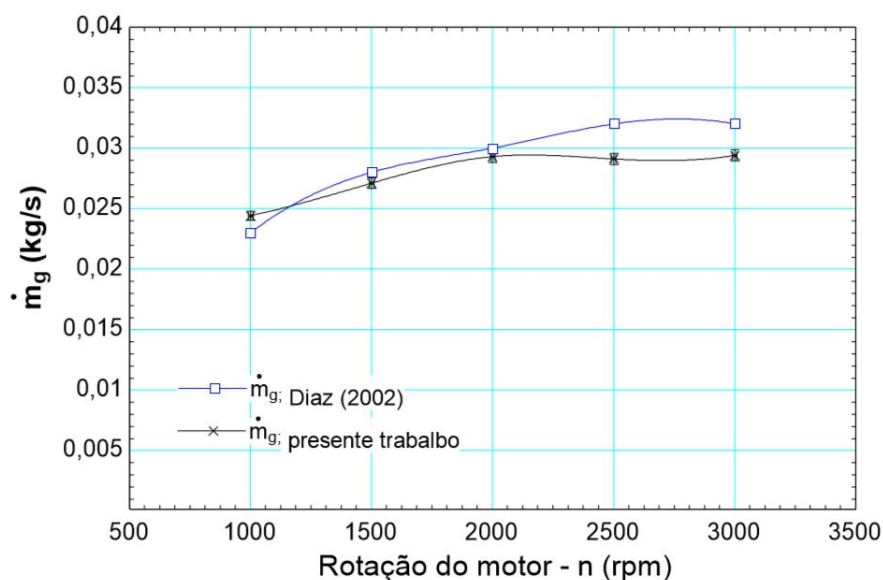
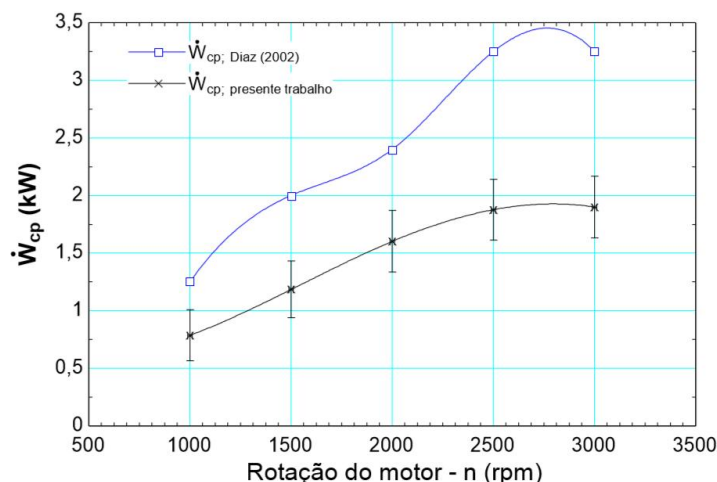


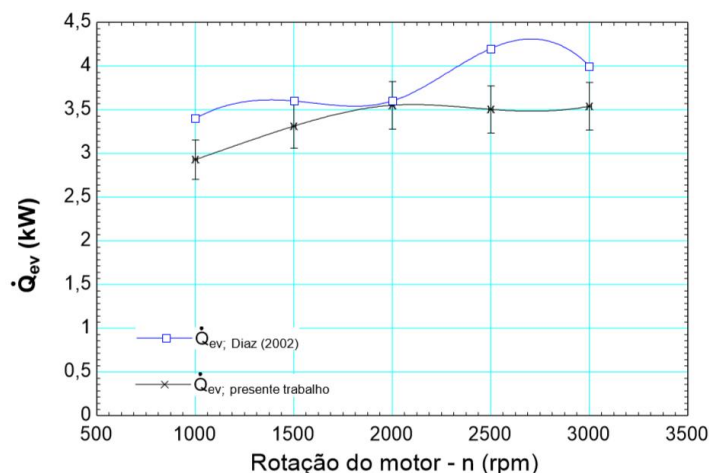
Figura 4.38 – Comparação de vazão de refrigerante



**Figura 4.39 – Comparação entre potências no eixo do compressor**

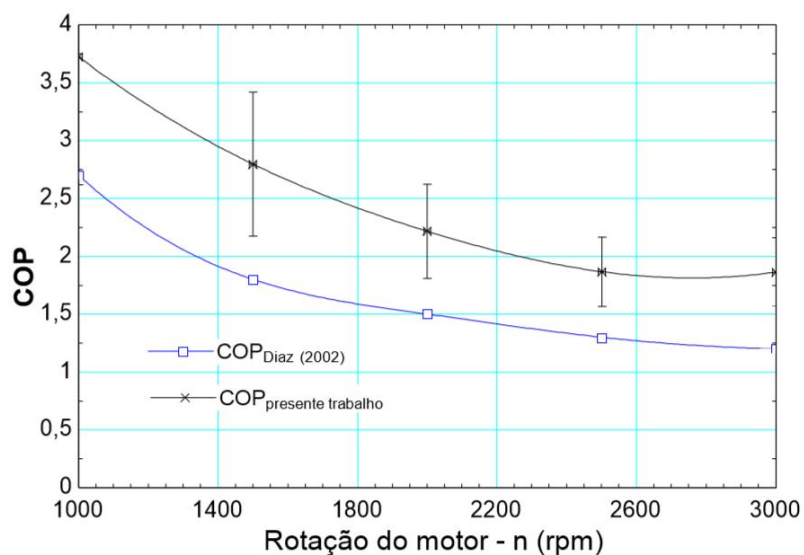
No que diz respeito ao consumo de potência no compressor ( $\dot{W}$ ) apresentado na Fig. 4.39, os valores obtidos por Díaz (2002) são superiores aos observados, no entanto, nota-se que os comportamentos das curvas são semelhantes. Um dos possíveis motivos desta diferença de consumo de potência está na possibilidade do ciclo de Díaz estar operando com pressão de condensação maior que a utilizada no presente trabalho.

Na Fig. 4.40 nota-se que a embora o ciclo de Díaz esteja trabalhando com maior potência no compressor do que a encontrada na bancada desenvolvida no presente trabalho, a quantidade de calor trocado no evaporador ( $\dot{Q}_{ev}$ ) é equivalente, reforçando a possibilidade de que o ciclo de Díaz estivesse operando com maior pressão de descarga e com carga de gás muito elevada para o circuito proposto, pois com uma carga de gás menor teríamos efeitos equivalentes.



**Figura 4.40 – Comparação entre calores trocados no evaporador**

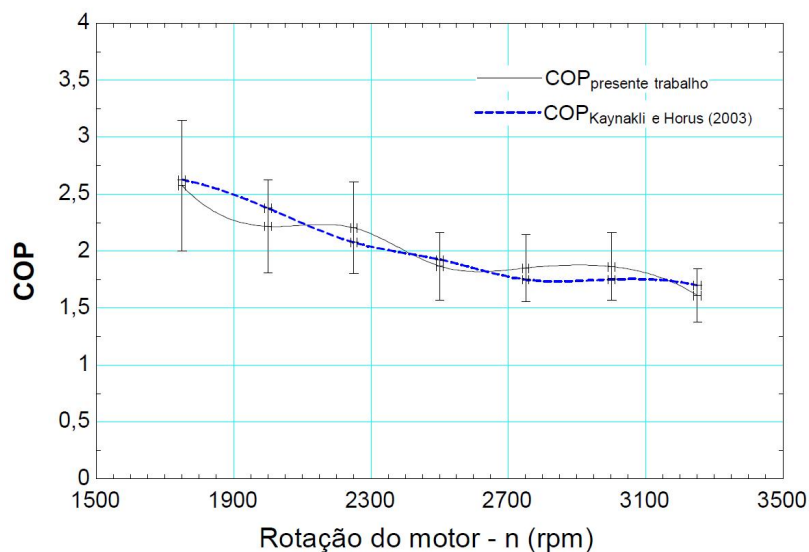
O ciclo testado a 40°C, 30 % de umidade relativa, a 21 bar de pressão de condensação e 450g de carga de refrigerante mostrou ser mais eficiente, como representado na Fig. 4.41, ao qual é possível notar um melhor COP para o ciclo proposto.



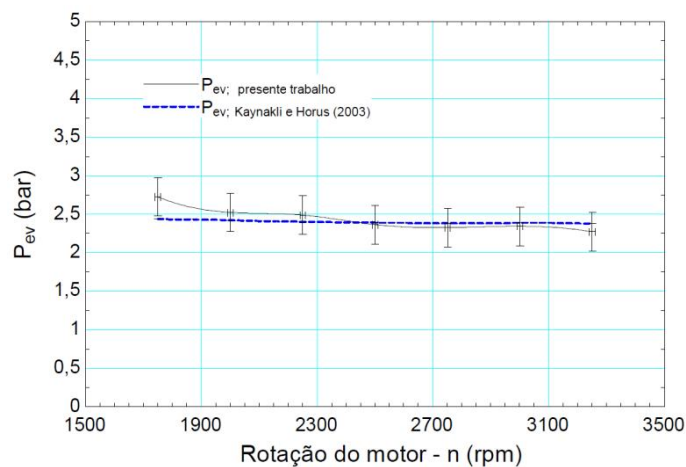
**Figura 4.41 – Comparação entre COPs**

### iii) Kaynakli e Horus (2003)

A comparação com os valores obtidos por Kaynakli e Horus apresenta grande similaridade, com os obtidos no presente trabalho conforme pode ser observado nas Figs. 4.42 e 4.43.



**Figura 4.42 – Comparação entre COPs**

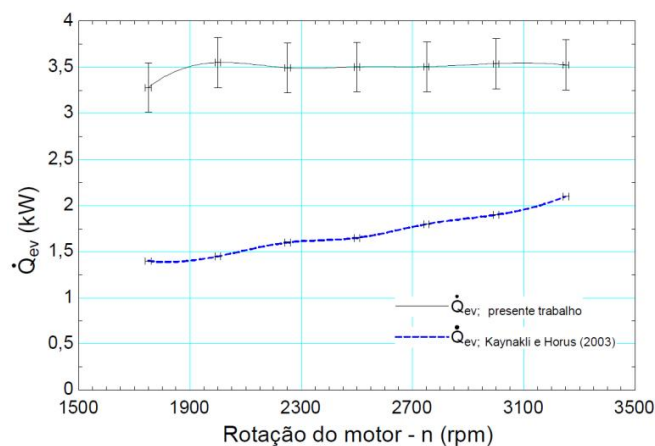


**Figura 4.43 – Comparação entre pressões no evaporador.**

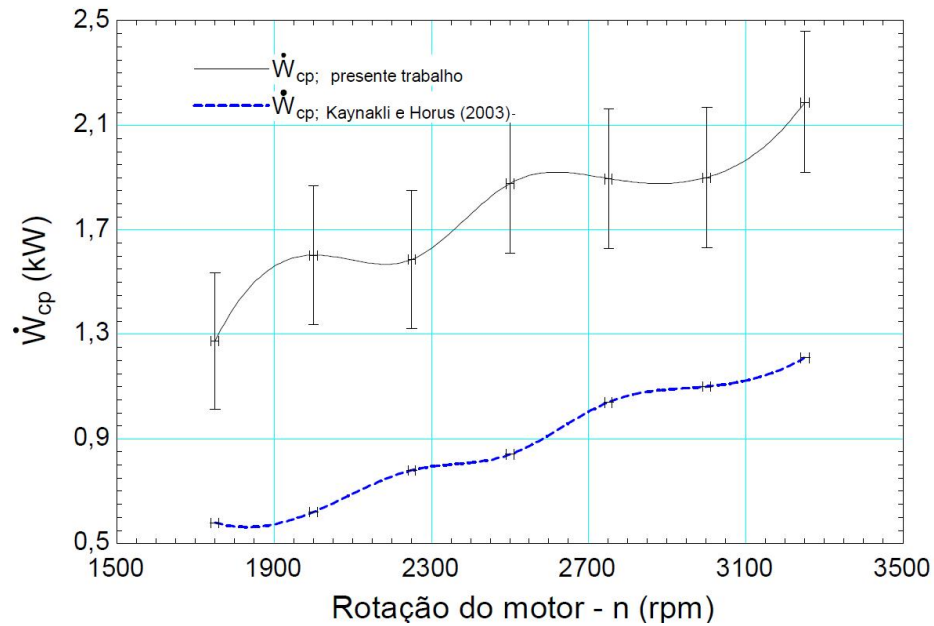
Ambas as experiências foram testadas em condições de operação semelhantes com 40°C de temperatura do ar sobre o evaporador e pressão de condensação de 21 bar, embora o compressor utilizado por Kainakli e Horus tenha sido de curso fixo.

Os COPs e a pressão de evaporação ( $P_{ev}$ ) de ambos os ciclos estão dentro do limite de incertezas dos cálculos.

Observa-se, no entanto, na Fig 4.44, que a capacidade de retirar calor no evaporador ( $\dot{Q}_{ev}$ ) está diretamente associada à rotação do motor/compressor, para os compressores de curso fixo. Por outro lado os experimentos realizados neste trabalho mostram que o compressor de curso variável apresenta uma capacidade de manter a troca de calor constante no evaporador, sendo uma característica desejável em ciclos automotivos que tem grandes variações (oscilações) de rotação em função da necessidade do motorista.



**Figura 4.44 – Comparação entre calores rejeitados no evaporador.**



**Figura 4.45 – Comparação de potência no eixo do compressor.**

Na Fig 4.45 nota-se que o compressor de curso variável consome mais energia, fato que pode ser atenuado devido às condições de operação ambiente.

#### **iv) Petroski (2005)**

Os valores da configuração do sistema de ACV realizados por Petroski estão dispostos na Tab. 4.8, já valores obtidos em seu experimento estão apresentados na Tab. e 4.9.

Não foi observado em sua dissertação o cálculo de incerteza das grandezas avaliadas.

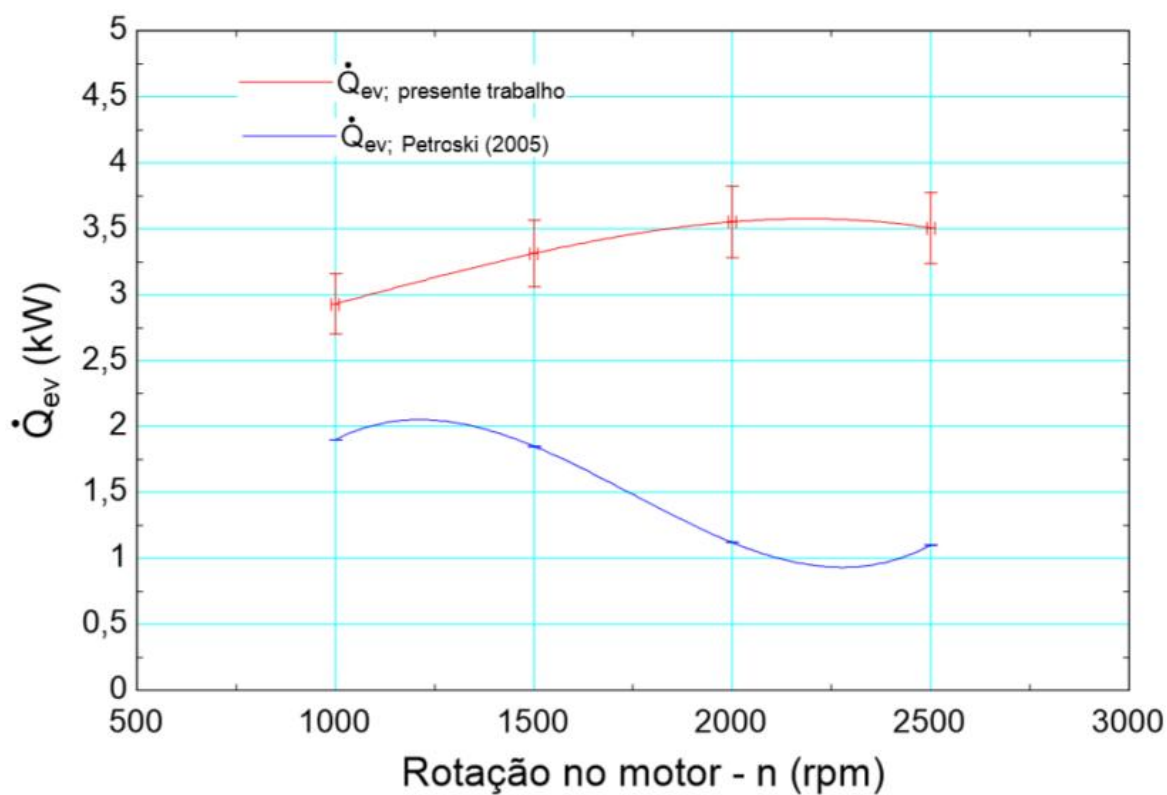
**Tabela 4.7 – Configuração do experimento de Petroski (2005)**

$n$	$\dot{Q}_{ev}$	$\dot{W}_{cp}$	$P_{cp;in}$	$P_{cp;out}$	$P_{cd;out}$	$T_{cd;in}$	$T_{cd;out}$
(rpm)	(kW)	(kW)	bar	bar	bar	°C	°C
1019	1068	514	1,6	13,8	12,2	21,0	65,8
1508	1064	364	1,5	14,4	12,4	19,4	68,3
2021	1111	263	1,3	15,1	12,8	18,7	73,7
2490	1100	183	1,0	15,9	13,1	18,4	77,3

**Tabela 4.8 – Valores obtidos do experimento de Petroski (2005)**

n	$T_{ev;in}$	$T_{ev;out}$	$T_{cd;in}$	$T_{cd;out}$	$T_{a;ev;in}$	$T_{a;ev;out}$
(rpm)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)
1019	-	5,5	63,2	42,9	2,5	40,6
1508	3,3	4,2	66,6	43,5	3,3	40,5
2021	3,2	3,6	71,8	43,8	3,1	40,5
2490	3,7	3,8	75,8	43,9	3,4	40,6

No gráfico da Fig. 4.46 é exposto uma comparação entre os experimentos de Petroski (2005) com o proposto nesta dissertação, no que diz respeito a troca de calor no evaporador, Nota-se que a retirada de calor no evaporador ( $\dot{Q}_{ev}$ ) proposto no presente trabalho é mais efetiva.



**Figura 4.46 – Comparação de calor rejeitados no evaporador.**

O consumo de potência ( $\dot{W}_{cp}$ ), apresentado na Fig. 4.47, a potência no eixo do compressor aumenta com a rotação (n), no entanto, no experimento proposto por Petroski (2005) isto não ocorre, o que não está de acordo com os demais experimentos anteriormente analisados.

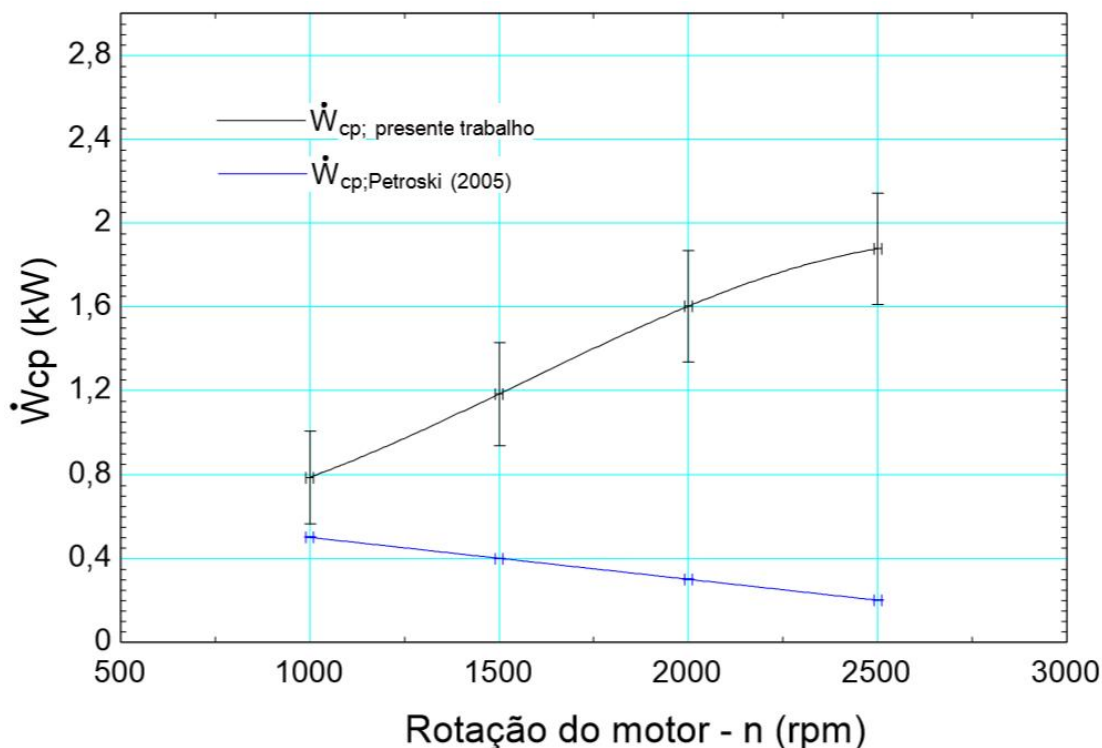


Figura 4.47 – Comparação entre potência no compressor do ciclo de ACV.

Nota-se na Fig. 4.48, que a pressão utilizada no experimento da bancada de ACV é 6 bar maior que a de Petroski (2005), no entanto a pressão no evaporador é semelhante.

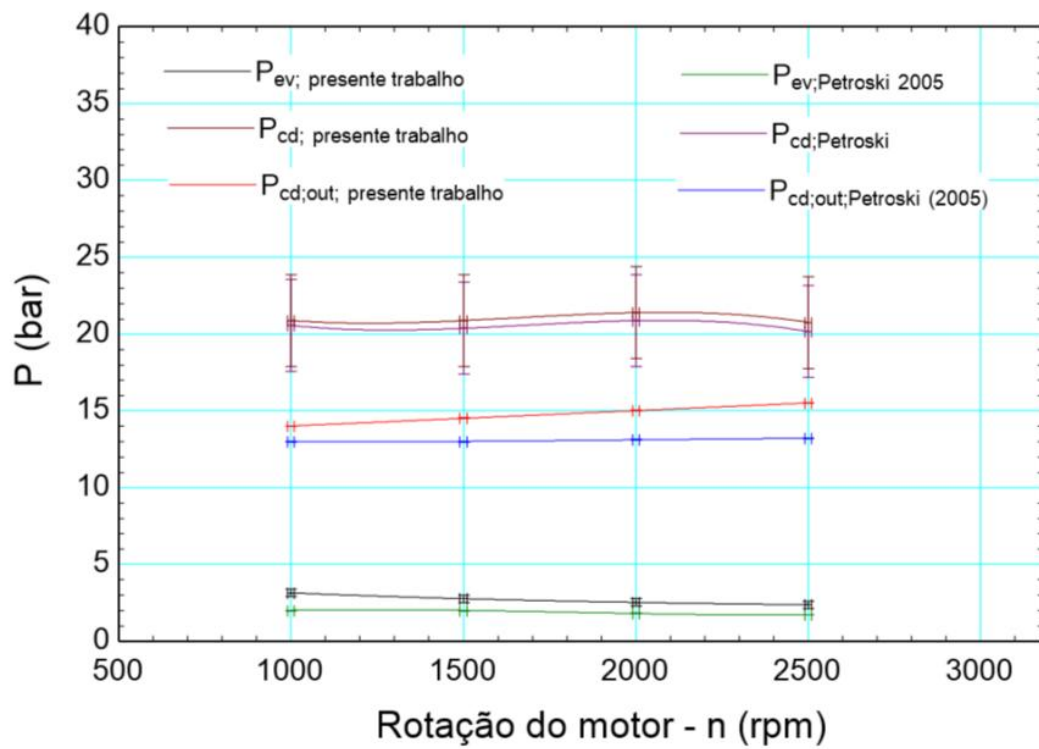


Figura 4.48 – Comportamento geral dos parâmetros do ciclo.

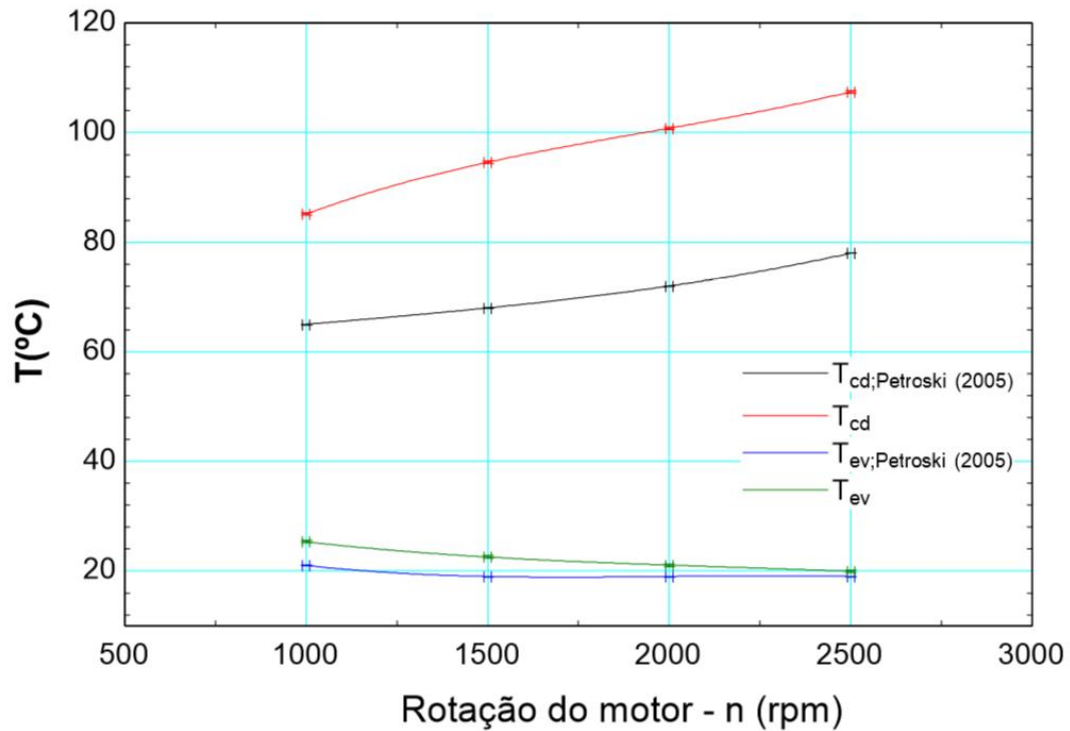


Figura 4.49 – Comparação entre as temperaturas de operação no ciclo de ACV



Este comportamento fica evidenciado na Fig. 4.49, onde a maior pressão de condensação significa maior temperatura de condensação também.

#### 4.2.2 Testes comparativos do comportamento do sistema de ACV em diferentes rotações do motor a combustão interna no veículo

Este teste também foi realizado em túnel de vento com dinamômetro de rolos, nas mesmas condições indicadas no item 3.3 do Cap. 3, com uma captação do ar externo de 40°C e 30% de umidade relativa. Neste teste foi considerado um veículo com motor 1,6l bicomcombustível.

Na Fig. 4.50 é possível verificar o comportamento da pressão de carga ( $P_1$ ) e de descarga ( $P_2$ ) do compressor.

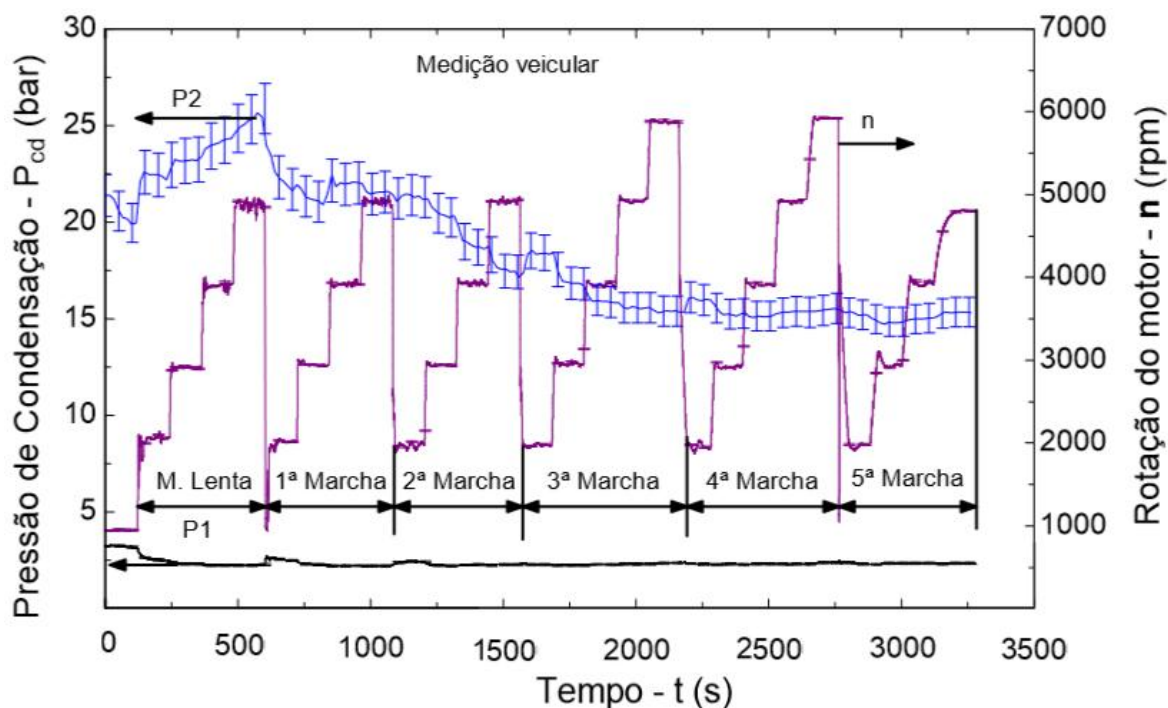
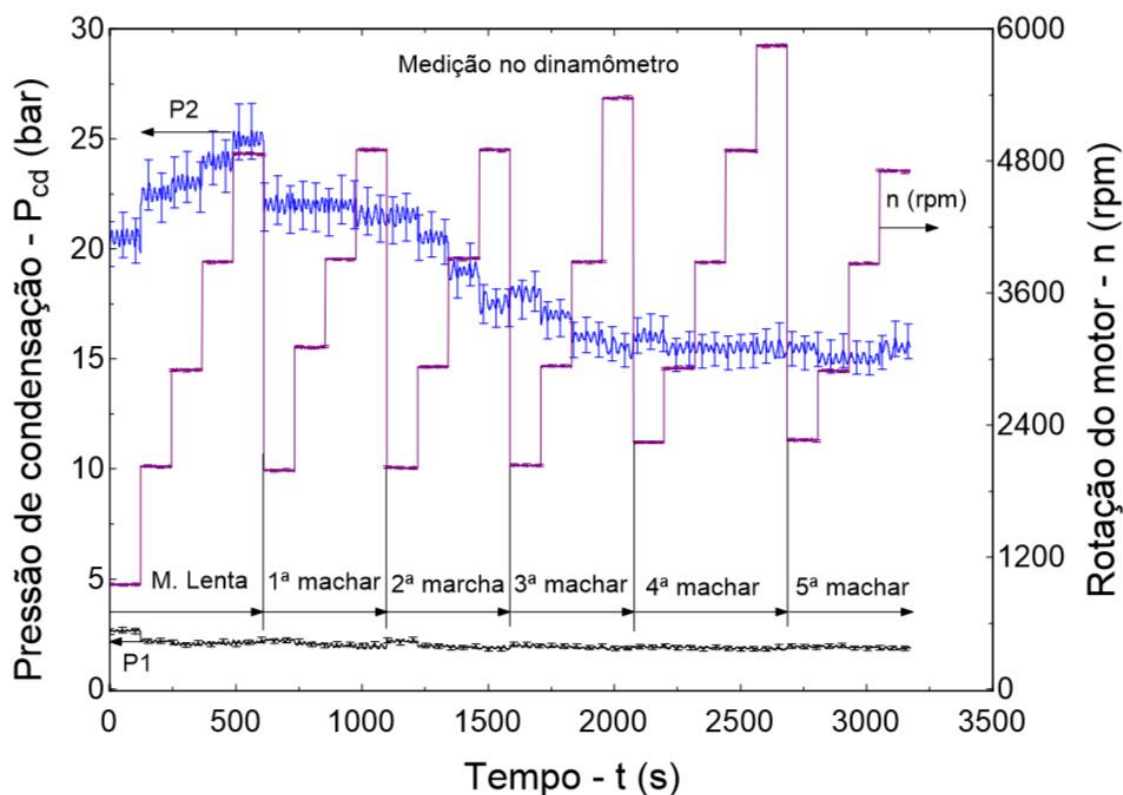


Figura 4.50 - Medição do sistema de ar condicionado em túnel de vento.

O mesmo comportamento foi reproduzido na bancada de teste conforme pode ser observado no gráfico da Fig. 4.51.



**Figura 4.51 - Reprodução em bancada do comportamento do sistema de ACV do teste veicular realizado em túnel de vento.**

O comportamento do ciclo foi mantido e o desvio padrão da diferença de pressão de evaporação entre os dois foi de 0,01 bar.

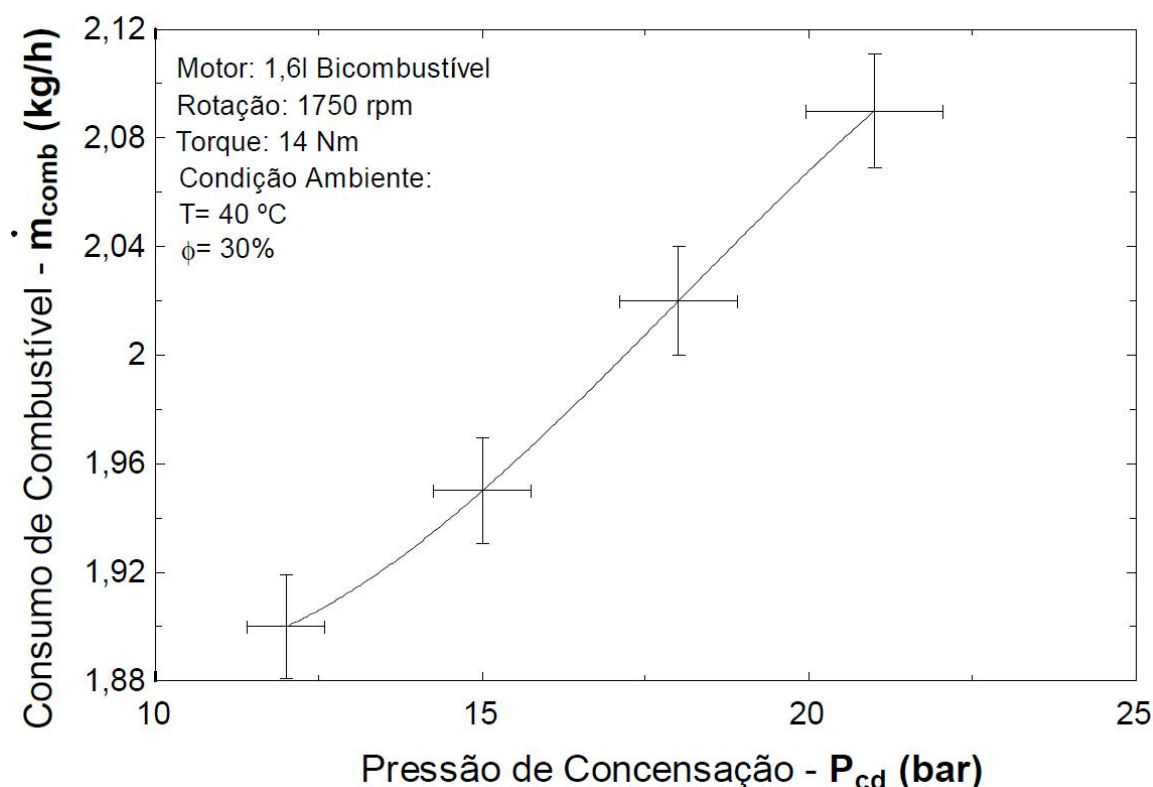
Em ambos os casos a instrumentação dos sistemas de ACV foi semelhante.

Os gráficos das Fig. 4.50 e 4.51 apresentam o mesmo perfil de comportamento, indicando que os experimentos são semelhantes. As curvas de rotação do dinamômetro são mais estáveis por serem controladas eletronicamente.

### **4.2.3 Resultados da influência do sistema de ar condicionado sobre o funcionamento do motor a combustão**

Conforme mencionado no item 3.2, as condições ambientais de Teresina-PI são as normalmente utilizadas em tuneis de vento onde são realizados testes de ACV, assim estes parâmetros se tornaram uma referência no desenvolvimento e nos testes realizados.

Na simulação do clima de Teresina-PI (40°C e 30 % de umidade relativa), a influência da variação da pressão de condensação sobre o consumo de combustível, pode ser verificada no gráfico da Fig. 4.52.



**Figura 4.52 - Resultado do teste de variação da pressão de condensação.**

Este tipo de análise permite concluir, que quanto mais intensa é a troca de calor no condensador, menor é o consumo de combustível, ou em outras palavras, quanto menor a pressão de condensação, menor é o consumo de combustível.

Portanto, estudos para melhorar a vazão de ar sobre o condensador terão impacto direto sobre a redução do consumo de combustível. Estas melhorias podem ser realizadas no sentido de evitar recirculação de ar antes do condensador e evitar vazamentos de ar utilizando defletores de ar.

Este estudo da dinâmica do ar antes do condensador pode ser feita utilizando ferramentas de CFD.

#### 4.2.4 Análise das curvas de operação do motor no dinamômetro com o compressor acionado e sem acionamento

Para quantificar a quantidade de combustível gasta por um veículo com torque parcial (50% de abertura da válvula no coletor, por exemplo), foi levantada a curva de torque e potência para as condições de Teresina, com o sistema de AC ligado e desligado, veja a Fig. 4.53.

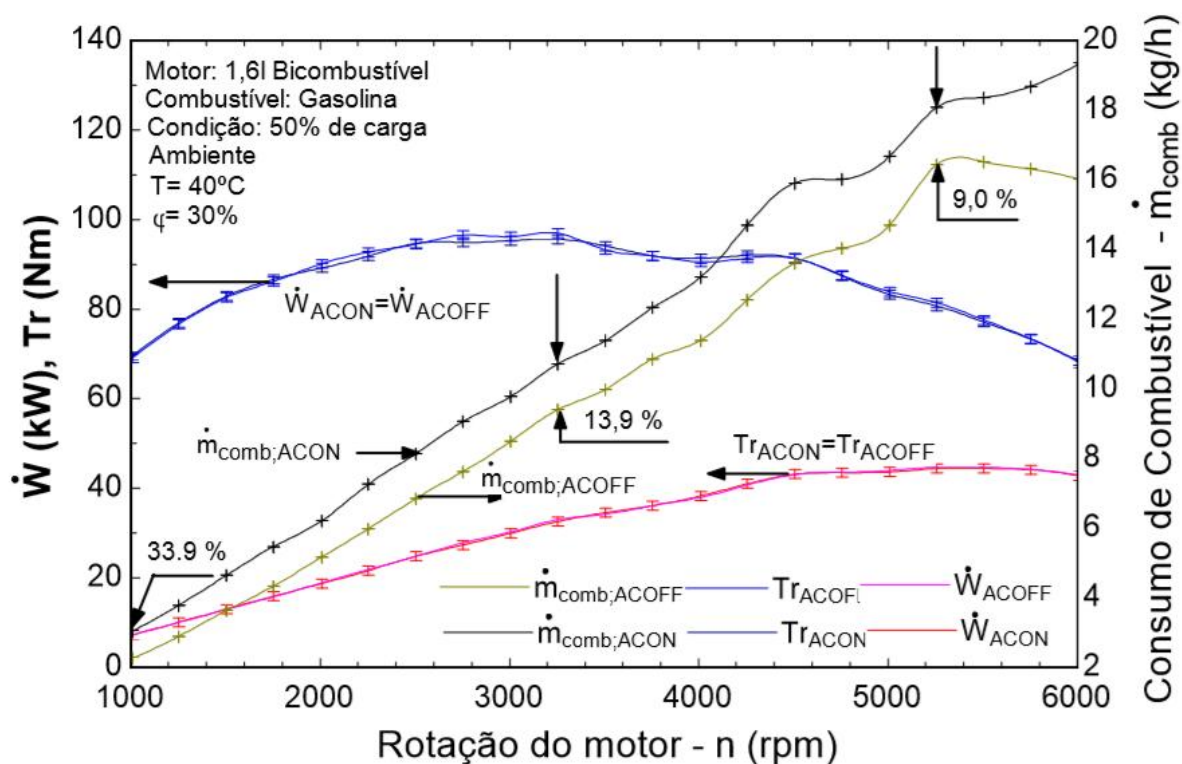


Figura 4.53 - Curvas características do motor a combustão a 50% de carga.

O teste indica a parcela de combustível necessária para acionar o sistema de ACV, mantendo o mesmo torque no eixo do motor verifica-se que o consumo de combustível E22 (gasolina com 22% de álcool) teve um aumento médio de 18,9% ao ligar o sistema de ACV.

Para o teste em plena carga (100% de abertura da válvula do coletor), máximo torque, temos a representação gráfica do consumo em função da rotação mostrado na Fig. 4.54.

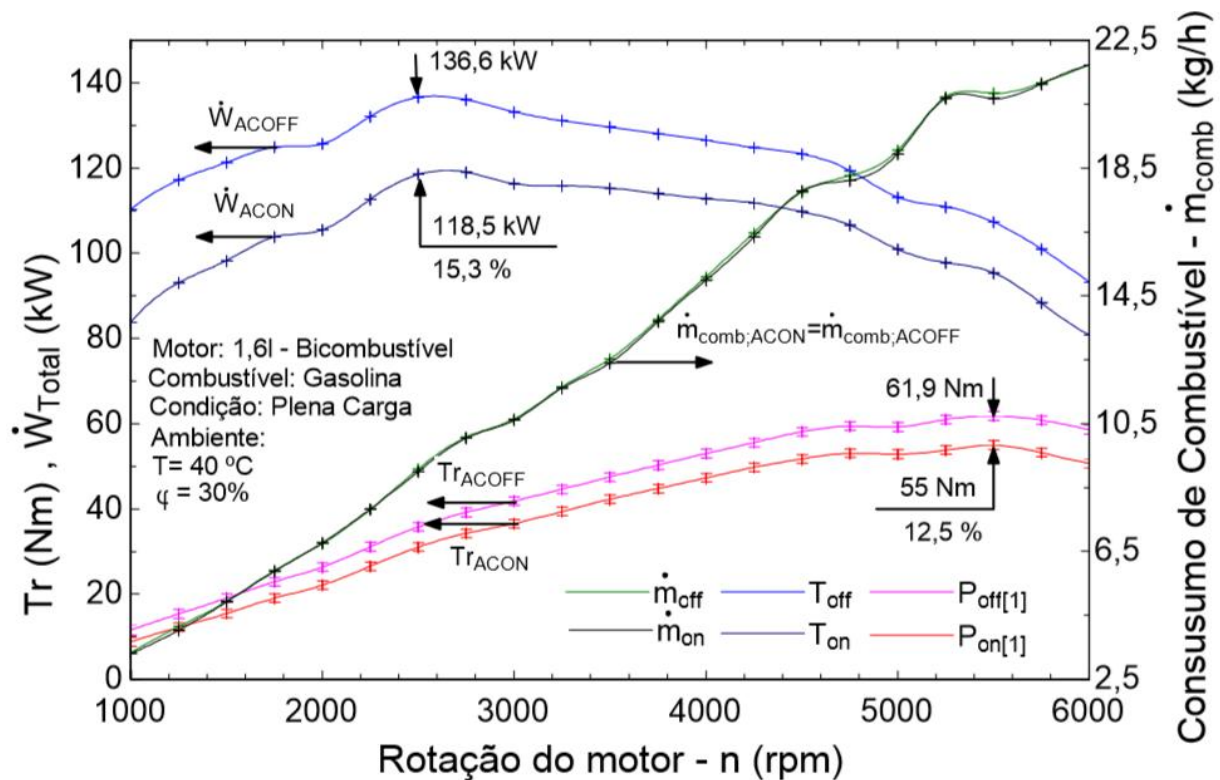


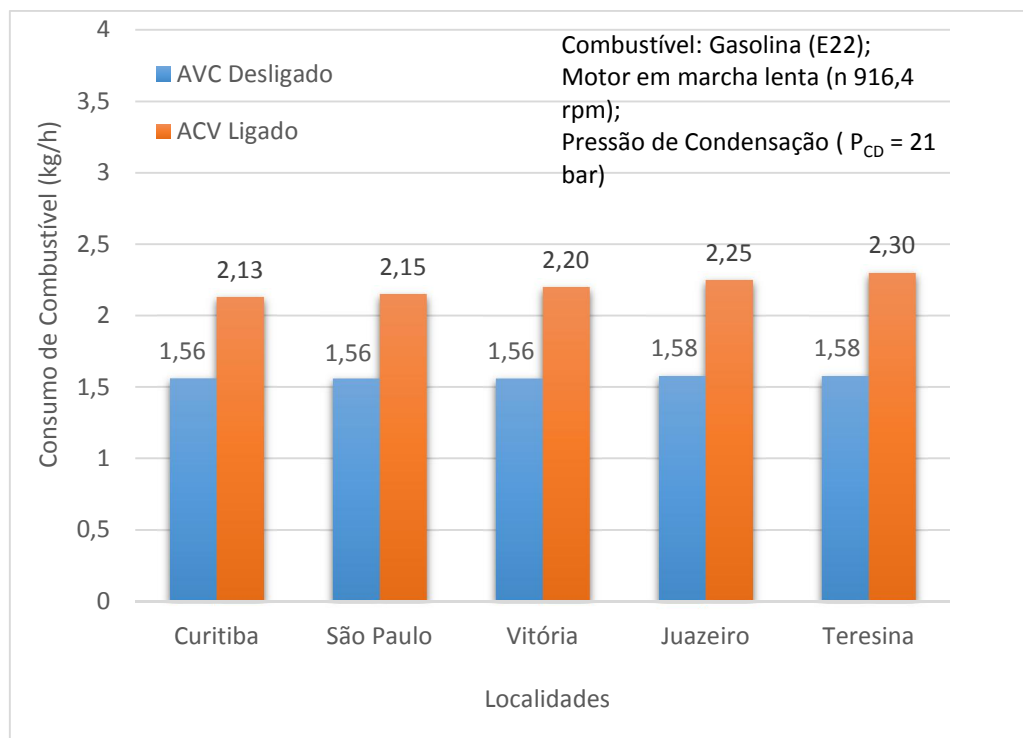
Figura 4.54 - Curvas características do motor a combustão a plena carga.

O consumo de combustível não muda em função da rotação, pois em ambas as situações o motor está gerando o máximo de potência no eixo do motor, no entanto, este teste evidencia a parcela de potência no eixo motor que é destinada a acionar o compressor em diferentes rotações. Este tipo de análise permite definir com mais precisão, por exemplo, a reserva de torque que o motor precisa quando o sistema de ar condicionado é acionado, sem afetar o comportamento do veículo e que o torque, responsável pela velocidade final do veículo com AC ligado é em média 12,5% menor.

Com relação à influência da carga térmica sobre o consumo, foram avaliadas diferentes localidades no ensaio e o panorama final pode ser visualizado no gráfico da Fig. 4.55.

As condições ambientais podem ser verificadas na Tab. 3.1.

Com este experimento fica comprovado que o ciclo de ar condicionado automotivo, altera seu consumo de energia (combustível) em função da carga térmica em que é submetido, atuando sobre a abertura da válvula termostática e afetando o curso do pistão do compressor com curso variável, tipo *swach plate* (normalmente utilizado na indústria automotiva. Menor curso deste pistão representa menor potência no eixo do compressor.



**Figura 4.55 - Consumo em função da localidade.**

Estes testes representam importante contribuição para análises comparativas de eficiência dos componentes do sistema de ar condicionado, influenciando em seu dimensionamento. A premissa mais importante nessa análise deve estar no binômio, conforto térmico e consumo de combustível, procurando-se assim, o melhor ponto de funcionamento.

#### **4.2.5 ANÁLISE TERMODINÂMICA**

Conforme a metodologia de análise apresentada no Cap. 3 (item 3.5) construiu-se a Fig. 4.56 com as três avaliações de COP, em função do número de rotações do motor.

Este gráfico demonstra que a eficiência térmica do sistema cai à medida que a rotação aumenta. Isto faz sentido, pois o sistema de AC tende a manter a pressão mesmo a alta rotação, o que é ineficiente.

A diferença entre o COP e o  $COP_T$  representa o rendimento mecânico e volumétrico do compressor, conforme estudado por Benouali e Clodic (2005).

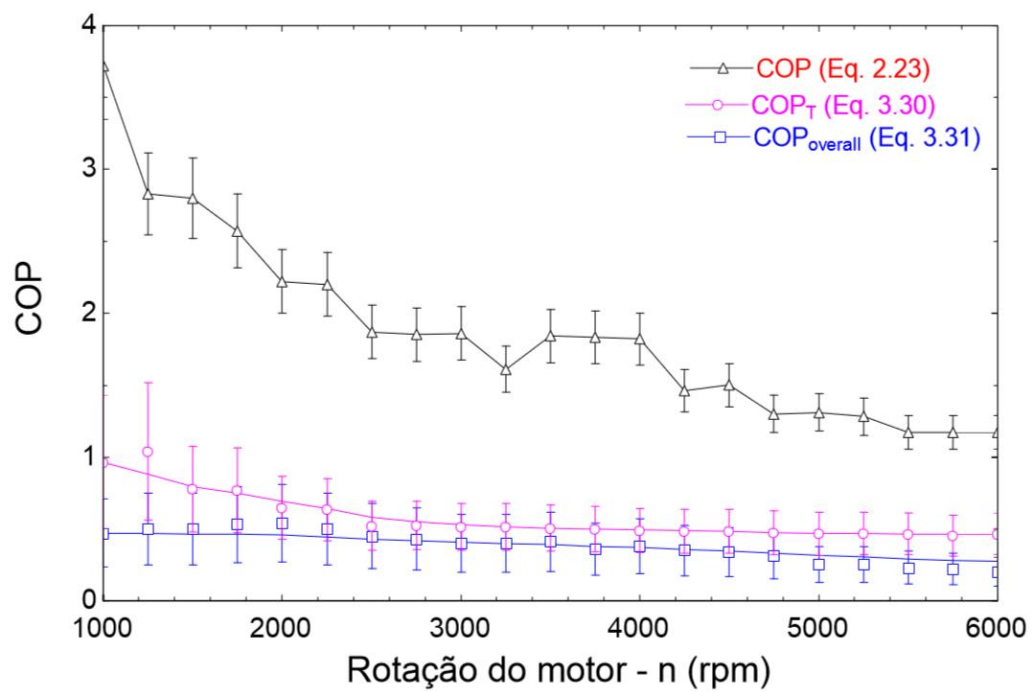


Figura 4.56 - Gráfico do COP em função da rotação do motor.

O comportamento mostrado na Fig. 4.56 também pode ser verificado nos resultados obtido por Jabbarbo *et al.* (2002), Díaz (2002), Petroski (2005) e Kaynakli e Horus (2003).

## **5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA PRÓXIMOS TRABALHOS**

Neste capítulo são apresentadas as conclusões tiradas a partir do desenvolvimento deste projeto, focando no atendimento às expectativas geradas quanto à bancada e aos resultados experimentais obtidos com sua utilização para a análise do consumo de energia e eficiência térmica.

### **5.1 Projeto da bancada para testes do sistema de ACV**

O projeto da bancada atendeu as expectativas quanto ao controle das pressões de sucção ( $P_{cp,in}$ ) e de descarga ( $P_{cp,out}$ ) no compressor, o que garante que o ciclo de compressão de vapor funcione conforme as condições veiculares propostas. Portanto o presente trabalho, mostrou que a simulação da carga térmica proposta nos trocadores de calor do ciclo de compressão de vapor do sistema de ACV (evaporador e condensador) foi satisfatória.

Outro importante destaque foi a utilização do motor a combustão no dinamômetro e da caixa de ar do veículo diretamente acoplado ao módulo evaporador, o que se mostrou adequado às análises experimentais propostas, tornando possível a avaliação da influência do sistema de ACV sobre o comportamento do motor a combustão, conforme apresentado nas Fig. 4.55 a 4.57.

Foi possível avaliar que: i) em plena carga a potência do motor a combustão chega a ser reduzida em 15,3 %; ii) em baixas rotações o sistema de ACV pode chegar a consumir 33% a mais de combustível; iii) quanto maior a pressão de condensação no sistema de ACV, maior é o consumo de combustível, isto ocorre de maneira diretamente proporcional a 0,13 kg/bar, para o sistema abordado.

O tipo de avaliação proposto neste trabalho é inédito, uma vez que a maioria dos pesquisadores citados, na revisão da literatura, mostrou maior preocupação com o conforto térmico do que com a influência do ciclo de resfriamento por compressão de vapor sobre o modo de propulsão do compressor.

A abordagem de determinação da diferença de torque medido com o sistema de ACV ligado e desligado, caracterizando a diferença de consumo de combustível e de potência no motor a combustão interna, instalado em um banco dinamométrico, configura a própria utilização



veicular do sistema, dispensando a necessidade de testes veiculares adicionais e consequentemente reduzindo assim o tempo e custo de desenvolvimento veicular.

O projeto de dois módulos para simulação da carga térmica nos trocadores de calor (Módulo Evaporador e Módulo Condensador) permite flexibilidade na montagem da bancada, dispensando a utilização de câmaras climatizadas ou do próprio veículo, tendo assim atingido os desejos preliminares ao dimensionamento da bancada.

### **5.1.1 Módulo Evaporador**

O Módulo Evaporador excedeu as expectativas de fornecer a carga térmica controlada sobre o evaporador, de modo a excitar a abertura da válvula termostática, nas condições ambientais desejadas, com a temperatura ( $T_a$ ) e umidade relativa ( $\omega_a$ ) do ar controladas, pois possui a função manual, que por sua vez permite que valores diferentes dos apresentados na Tab. 3.1 sejam atingidos.

A caixa de ar do veículo fica disponível para instrumentação, caso necessário, podendo ser avaliado também características do conforto térmico se desejado.

Testes veiculares para validação do sistema de ACV realizados em túnel de vento comprovam que a condição ambiental semelhante à de Teresina-PI foi atingida, pois o sistema de ACV comportou-se semelhantemente ao testado em veículo. Isso se comprova pela similaridade de resultados, conforme pode ser comprovado no Cap. 4, item 4.2.

### **5.1.2 Módulo Condensador**

O módulo condensador, embora consista basicamente de um soprador de ar, mostrou-se bastante eficiente e preciso na estabilização da pressão de condensação. Conforme pode ser observado no Cap. 4, item 4.2.2, onde testes veiculares foram reproduzidos na bancada. Isso se tornou possível devido à instrumentação utilizada para o controle da pressão de condensação ( $P_{cd}$ ), medida através de um transdutor de pressão instalado na entrada do condensador, conforme mostrado na Fig. 4.29.

O controle do ventilador, por meio de um inversor de frequência, proporcionou a vazão de ar necessária ao aumento ou redução da troca de calor no condensador, aumentando ou diminuindo consequentemente a pressão de condensação.

### **5.1.3 Automação da Bancada de teste**

A automação da bancada, com a utilização de um CLP programado via Ladder, instalado no Módulo Evaporador (mestre) e tendo por “escravo” o Módulo Condensador, onde a comunicação efetuada entre os módulos se deu por meio do protocolo de comunicação Modbus, via rede RS 485, conseguiu controlar os parâmetros desejados, tendo sua limitação na velocidade de envio e resposta de dados, no entanto, por ser uma máquina térmica trabalhando em regime permanente a velocidade de 1Hz mostrou-se mais que suficiente para a comunicação de dados.

A transmissão de dados entre os módulos, feita via Wireless, foi fundamental para manter a flexibilidade do sistema, evitando que cabos adicionais fossem instalados e que o risco de perda de dados ocorresse.

O sistema supervisorio que monitora, controla e faz aquisição de dados da bancada e do sistema de ACV desenvolvido em LabView 2010 facilitou a interface entre o operador do dinamômetro e da bancada, dispensando a necessidade do operador entrar dentro da cabine para configurar os parâmetros de testes, evitando assim riscos de acidentes.

As telas de controle da automação da bancada, visualizadas no Cap.4, item 4.1.2, foram bem aceitas pelo operador do dinamômetro. O desenvolvimento dessas telas contou com a opinião do operador dos equipamentos.

Os painéis elétricos dos módulos atendem as normas de segurança.

A automação da bancada permitiu o monitoramento das propriedades termodinâmicas do sistema de ACV e dos sistemas que compõe os módulos da bancada de testes.

## **5.2 Avaliação geral**

Não é possível negligenciar os efeitos do sistema de ar condicionado analisado sobre o funcionamento do motor a combustão, pois isto implicaria em desconsiderar uma perda de potência no eixo do motor de aproximadamente 6 kW. Isso significa que para um motor de 1,0 L de 56 kW, conectado ao mesmo sistema de ar condicionado utilizado no modelo estudado (motor de 1,6l), resultaria em uma redução da potência do eixo do motor de cerca de 12 %, com o sistema de ACV acionado e 21 bar de pressão de condensação no ciclo de compressão de vapor.

O presente trabalho permitiu obter a melhor configuração possível entre potência disponível, consumo de combustível e conforto térmico, para qualquer aplicação de conjunto motor a combustão e sistema de ACV.

Todos os objetivos programados foram cumpridos sendo que o desempenho da bancada superou as expectativas iniciais.

Com o presente trabalho será possível medir e comparar diferentes componentes do sistema de ACV, garantindo que estes componentes sejam testados em regime permanente, e em condições ambientais controladas. Isso indica que será possível avaliar qual componente do sistema de ACV possui características que melhorem a eficiência térmica levando em consideração o motor, o compressor e o conforto térmico.

### **5.3 Sugestões para próximos trabalhos**

Como sugestões para trabalhos futuros propõe-se a utilização da bancada desenvolvida para comparar o desempenho de componentes do sistema de ACV, no sentido de buscar maior eficiência térmica (COP maiores) do ciclo de resfriamento, isto pode ocorrer devido a: i) diminuição de atrito no compressor; ii) automatizando as válvulas termostática e de controle no compressor, de modo a fazer com que a temperatura no evaporador atenda o conforto térmico desejado (sistemas automatizados já estão disponíveis no mercado, mas podem ser aperfeiçoados); iii) condensadores mais eficientes, que promovam a baixa rotação, alta troca de calor, abaixando a pressão de condensação ( $P_{cd}$ ).

Adicionalmente, a bancada permite avaliar o efeito de alterações na vazão de ar que passa através do condensador, devido à alterações na grade frontal do veículo. Os testes apresentados mostram que esta vazão tem grande influência sobre o consumo de combustível, pois afeta o fluxo de ar que passa através do condensador, aumentando ou diminuindo a pressão de condensação. Melhorias aerodinâmicas no veículo, diminuindo o coeficiente de arrasto do veículo ( $C_x$ ), com o fechamento da grade frontal tem se mostrado uma tendência, no entanto, a redução da quantidade de ar que atravessa o condensador pode gerar um efeito contrário.

A associação de experimentos na bancada desenvolvida com cálculos de simulação seja 1D (por diagrama de blocos), ou 3D (por CFD), de modo a especificar, por exemplo, a quantidade de

ar necessária para reduzir a pressão de condensação, configura um passo a mais no desenvolvimento de condensadores adequados para as aberturas de ar disponíveis do veículo.

A bancada desenvolvida ainda está em fase de descobrimento de todas as suas possibilidades, entrando em uma segunda etapa de aperfeiçoamento.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

BHARATHAN, D.; L. CHANEY, L.; FARRINGTON, R. B.; LUSTBADER, J.; M. KEYSER, M.; RUGH, J., An Overview of Vehicle Test and Analysis *NREL's A/C Fuel Use Reduction Research Conference Paper*. NREL/CP-540-41155, 17 p., 2007.

BENOUALI, J.; CLODIC, D. External and Internal Control Compressors for Mobile Air-conditioning systems *Center for Energy Studies, Ecole des Mines de Paris and Centro Ricerche Fiat*, 8 p., 2005.

CARANDDRIVER - Going Nowhere Fast: The Chassis Dynamometer's Rise to Crucial Development Tool. <http://www.caranddriver.com/features/going-nowhere-fast-the-chassis-dynamometers-rise-to-crucial-development-tool-feature>. Acesso em 10 de fevereiro 2013.

CLIMATEMPO, <http://www.climatempo.com.br/>, Acesso em 12 de outubro 2012.

DÍAZ, Rafael Prudencio Sacsa. *Avaliação da Influência da Carga de Gás em um Sistema de Condicionamento de Ar Automotivo*, 145 p., PUCRJ, Rio de Janeiro 2002. **Dissertação (Mestrado)**

DOSSAT, R. J. *Principles of Refrigeration*. Wiley International Edition, 1<sup>st</sup> ed., 1967. 544p.

FENABRAVE – FEDERAÇÃO NACIONAL DA DISTRIBUIÇÃO DE VEÍCULOS AUTOMOTORES: Cresce a Venda de veículos com ar condicionado. [www.webarcondicionado.com.br/cresce-venda-veiculos-ar](http://www.webarcondicionado.com.br/cresce-venda-veiculos-ar). Acesso em: 07 de nov. 2012.

HEWITT, G. F. *Heat Exchanger Design Handbook*, Department of Chemical Engineering & Chemical Technology, Imperial College of Science, Technology & Medicine, Prince Consort Road, London - UK, 2002.

FÓRUM AACA, 2012. <http://www.aaca.org/About-AACA/contact-us.html>. Acesso em: 07 de nov. 2012

FOX, R. W.; MCDONALD, A. T. *Introdução à Mecânica dos Fluidos*. LTC 4<sup>a</sup> ed., 1998, 662p.

INCROPERA, F. P.; DEWITT, D. P. *Fundamentos de Transferência de Calor e Massa*. LTC, 5ª edição, 2003, 698 p.

JABARDO, J. M. S.; MAMANI, W. G.; IANELLA, M. R.; Modeling and experimental evaluation of na automotive air conditioning system with a variable capacity compressor, *Elsevier Science, International Journal of Refrigeration*, p.1157–1172, 2002.

JOHNSON, V. H. Fuel Used for Vehicle Air Conditioning A State-by-State Thermal Comfort-Based Approach, *SAE Technical Paper series*, nº 2002-01-1957, 13p., 2002.

K2ARCONDICIONADO, <http://k2arcondicionado.com.br/article/instalacao-ar-condicionado-automotivo-pecas.html>, Acesso em: 12 de nov. 2012.

KAYNAKLI, O.; HORUS, I. An experimental analysis of automotive air conditioning system, *Elsevier Science, Int. Comm. Heat Mass Transfer, USA*, v. 30, p.273 – 284, 2003.

MACINTYRE, A. J. *Bombas e Instalações de Bombeamento*, Editora Guanabara, 2ª ed., 1987. 782p.

MIYAGAWA, K.; KAYUKAWA, H. *Development of the Swach Plate Type Continuously Variable Displacement Compressor*, *SAE Technical Paper series*, nº 980290, 8p., 1998

MORAN, M. J.; SHAPIRO, H. N. *Princípios de Termodinâmica e Engenharia*. LTC, 6ª ed., 2009, 800p.

MOURA, Marcelo Blanco Bolsonaro de. *Aprimoramentos em Sistema de Climatização Veicular para Melhoria de Condições Ambientais de cabine e Redução no Consumo de Combustível*, USP, São Paulo, SP, 2007, 75p. Dissertação (Mestrado)

PETROSKI, Carlos Alexandre Borin. *Análise Experimental de Sistemas de Climatização Automotivo*, PUCPR, Curitiba, PR, 2005, 106p. Dissertação (Mestrado)

PIRANI, M. J. *ENG176 Refrigeração e Ar Condicionado*, Dep. Engenharia Mecânica da UFBA, 2013,.208p.

POWERSHOW.COM (2009), [http://www.powershow.com/view/13f94d-NjUzZ/Mobile\\_Air\\_Conditioning\\_powerpoint\\_ppt\\_presentation](http://www.powershow.com/view/13f94d-NjUzZ/Mobile_Air_Conditioning_powerpoint_ppt_presentation), Acesso em 15 de nov 2012.

QUIM, Nelson. *Desenvolvimento de uma Metodologia de Simulação do Sistema de Arrefecimento Veicular*, USP, São Paulo, SP, 2007, 170p. **Dissertação (Mestrado)**

SVS2002. [http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual\\_rede\\_frio4ed.pdf](http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_rede_frio4ed.pdf). Acesso em: 20 de nov. 2012

SOARES, V. R. G. *Treinamento em Manutenção de Ar Condicionado Automotivo*, SENAI –SC, 2009, 116p.

STOECKER, W. F.; JONES, J. W. *Refrigeração e Ar Condicionado* São Paulo: Mc Grall-Hill 1985, 481 p.

VW AUDI - SSP 208, 2008. [http://www.volkspage.net/technik/ssp/ssp/SSP\\_208\\_d2.pdf](http://www.volkspage.net/technik/ssp/ssp/SSP_208_d2.pdf). Acesso em: 07 de dez. 2012

WORLDCARSFANS, Uwe Gemballa found dead in South Africa - photos <http://www.worldcarfans.com/110100328793/uwe-gemballa-found-dead-in-south-africa/highphotos#11>, Acesso em 10 fev 2013.

XUQUAN L. A.; JIANGPING, C. A.; ZHIJIU, C. A.; WEIHUA, L. B.; WEI, H. B.; XIAOBING, L., *A new method for controlling refrigerant flow in automobile air conditioning*, Elsevier Science, Applied Thermal Engineering, p.1073–1085, 2004.

## ANEXO A - Tabela com Dados da ANFAVEA

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Gasolina C (m³)	23.553.490	24.007.633	24.325.449	25.174.783	25.409.090	29.843.665	35.491.256	39.697.715
Etanol Hidratado (m³)	4.667.223	6.186.553	9.366.836	13.290.096	16.470.948	15.074.300	10.899.221	9.850.180
Produção de Veículos	2243564	2350280	2690776	2893752	2929255	3285274	3418886,37	3596759,17
	23,5534901	24,0076335	24,3254486	25,1747826	25,4090897	29,843665	35,4912557	39,6977147
	4,66722287	6,18655282	9,3668357	13,2900958	16,4709482	15,0743005	10,8992205	9,8501803
	2,243564	2,35028	2,690776	2,893752	2,929255	3,285274	3,41888637	3,59675917



# ANEXO B – Tabelas da ANP



Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis  
Superintendência de Planejamento e Pesquisa

## Vendas, pelas Distribuidoras, dos Derivados Combustíveis de Petróleo (metros cúbicos)

Índice:

Vendas, pelas distribuidoras, dos derivados combustíveis de petróleo por Unidade da Federação e produto - 2000-2013 (m³)

Vendas, pelas distribuidoras, dos derivados combustíveis de petróleo por Grande Região e produto - 2000-2013 (m³)

## Vendas, pelas distribuidoras<sup>1</sup>, dos derivados combustíveis de petróleo por Unidade da Federação e produto - 2000-2013 (m³)

Selecione, clicando nas setas abaixo, a UNIDADE DA FEDERAÇÃO e o PRODUTO desejados.

(UF)

GRANDE REGIÃO

PRODUTO

ANO	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	VARIACÃO DO ACUMULADO NO ANO 2013 / 2012 (%) <sup>2</sup>
Destino	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	
Janeiro	1.010.572	1.045.440	1.021.458	1.027.855	1.003.463	1.043.908	1.020.958	1.076.596	2.034.037	2.030.273	2.440.435	2.521.224	3.067.527	3.324.375	7,3
Fevereiro	1.065.365	1.174.454	1.026.720	1.040.595	1.142.412	1.006.872	1.074.840	1.044.963	1.026.923	1.014.831	2.385.394	2.534.105	3.062.795	3.302.795	
Março	1.001.190	1.085.719	1.076.699	1.070.290	1.033.875	2.062.841	2.040.355	2.083.408	2.031.821	2.071.888	2.983.940	3.067.720	3.309.410	3.309.410	
Abril	1.003.562	1.062.868	1.023.523	1.026.272	1.076.364	1.017.476	1.047.875	1.073.344	2.062.343	2.064.110	2.412.359	3.155.810	3.167.339	3.167.339	
Mai	1.056.176	1.001.298	1.035.042	1.038.794	1.027.060	1.063.890	2.007.190	2.042.871	2.044.138	1.070.897	2.332.079	2.542.808	3.245.514	3.245.514	
Junho	2.011.256	1.940.547	1.757.909	1.738.301	1.035.733	1.066.777	1.034.185	2.007.011	1.063.712	2.023.362	2.323.568	2.775.751	3.209.043	3.209.043	
Julho	1.730.834	1.013.032	1.040.169	1.079.542	1.060.069	1.040.779	1.020.808	1.062.884	2.145.454	2.127.463	2.424.826	2.845.254	3.249.795	3.249.795	
Agosto	1.047.763	1.006.391	1.057.341	1.000.039	1.041.957	2.053.537	2.062.841	2.069.857	2.095.694	2.020.808	2.415.108	3.022.670	3.443.751	3.443.751	
Setembro	1.055.878	1.754.803	1.036.996	1.036.562	2.012.721	1.064.885	2.062.814	1.023.142	2.187.424	2.066.188	2.485.610	3.063.239	3.251.824	3.251.824	
Outubro	1.019.853	1.068.048	2.104.466	1.006.193	1.042.548	1.073.754	2.022.895	2.121.191	2.239.078	2.095.541	2.487.295	3.009.696	3.570.085	3.570.085	
Novembro	1.075.621	1.751.088	1.730.800	1.016.879	1.076.477	1.020.306	1.061.820	2.016.819	2.011.903	2.138.751	2.626.660	3.066.216	3.321.685	3.321.685	
Dezembro	1.065.117	1.003.374	2.053.103	2.187.311	2.221.234	2.229.876	2.248.873	2.273.262	2.393.969	2.623.487	2.995.499	3.556.763	3.789.116	3.789.116	
Total do Ano	22.636.192	22.511.602	22.619.287	21.796.663	23.173.879	23.563.499	24.987.833	24.326.448	25.174.763	25.469.889	29.943.685	36.491.258	39.887.718	3.324.375	

Fonte: Distribuidoras de combustíveis autorizadas pela ANP, conforme Portaria ANP 202/2006.

Notas: Até 2005, a fonte dos dados foi o Departamento de Controle de Produção - DCP. A partir de 2007 a fonte é o Sistema de Informações de Monitoramento de Produção - SIMP.

Até 2006, inclui as vendas e o consumo próprio das distribuidoras. A partir de 2007, inclui apenas as vendas.

(m³) = metro cúbico.

(n/d) = não disponível.

A partir de 2008, a mistura de biodiesel puro (B100) ao diesel comum passou a ser obrigatória. Entre janeiro e junho de 2008, a mistura de biodiesel puro (B100) ao diesel comum foi de 2%, entre julho de 2008 e junho de 2009 foi de 3% e entre julho e dezembro de 2009 foi de 4%.

A partir de 01/01/2010, o biodiesel passou a ser adicionado ao diesel comum na proporção de 5% em volume, conforme Resolução CNFR nº 5 de 16/06/2009.

Uma exceção a esta regra é o diesel comum para uso aviação. De acordo com a Resolução ANP nº 52/2010, a ANP determinará a adição obrigatória de biodiesel aos combustíveis aviação quando as condições técnico-operacionais para o uso seguro de mistura estiverem estabelecidas.

Destes estabelecidos em 14 de março de 2013.

<sup>1</sup> Essas informações são ainda preliminares e poderão sofrer ajustes nas próximas atualizações.

<sup>2</sup> Variação percentual do acréscimo dos valores desde o mês de janeiro até um determinado mês do ano de 2013, em relação ao acréscimo do mesmo período do ano de 2012.

## Vendas, pelas distribuidoras<sup>1</sup>, dos derivados combustíveis de petróleo por Grande Região e produto - 2000-2013 (m³)

Selecione, clicando nas setas abaixo, a GRANDE REGIÃO e o PRODUTO desejados.

(GR)

GRANDE REGIÃO

PRODUTO

ANO	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	VARIACÃO DO ACUMULADO NO ANO 2013 / 2012 (%) <sup>2</sup>
Destino	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	
Janeiro	1.010.572	1.045.440	1.021.458	1.027.855	1.003.463	1.043.908	1.020.958	1.076.596	2.034.037	2.030.273	2.440.435	2.521.224	3.067.527	3.324.375	7,3
Fevereiro	1.065.365	1.174.454	1.026.720	1.040.595	1.142.412	1.006.872	1.074.840	1.044.963	1.026.923	1.014.831	2.385.394	2.534.105	3.062.795	3.302.795	
Março	1.001.190	1.085.719	1.076.699	1.070.290	1.033.875	2.062.841	2.040.355	2.083.408	2.031.821	2.071.888	2.983.940	3.067.720	3.309.410	3.309.410	
Abril	1.003.562	1.062.868	1.023.523	1.026.272	1.076.364	1.017.476	1.047.875	1.073.344	2.062.343	2.064.110	2.412.359	3.155.810	3.167.339	3.167.339	
Mai	1.056.176	1.001.298	1.035.042	1.038.794	1.027.060	1.063.890	2.007.190	2.042.871	2.044.138	1.070.897	2.332.079	2.542.808	3.245.514	3.245.514	
Junho	2.011.256	1.940.547	1.757.909	1.738.301	1.035.733	1.066.777	1.034.185	2.007.011	1.063.712	2.023.362	2.323.568	2.775.751	3.209.043	3.209.043	
Julho	1.730.834	1.013.032	1.040.169	1.079.542	1.060.069	1.040.779	1.020.808	1.062.884	2.145.454	2.127.463	2.424.826	2.845.254	3.249.795	3.249.795	
Agosto	1.047.763	1.006.391	1.057.341	1.000.039	1.041.957	2.053.537	2.062.841	2.069.857	2.095.694	2.020.808	2.415.108	3.022.670	3.443.751	3.443.751	
Setembro	1.055.878	1.754.803	1.036.996	1.036.562	2.012.721	1.064.885	2.062.814	1.023.142	2.187.424	2.066.188	2.485.610	3.063.239	3.251.824	3.251.824	
Outubro	1.019.853	1.068.048	2.104.466	1.006.193	1.042.548	1.073.754	2.022.895	2.121.191	2.239.078	2.095.541	2.487.295	3.009.696	3.570.085	3.570.085	
Novembro	1.075.621	1.751.088	1.730.800	1.016.879	1.076.477	1.020.306	1.061.820	2.016.819	2.011.903	2.138.751	2.626.660	3.066.216	3.321.685	3.321.685	
Dezembro	1.065.117	1.003.374	2.053.103	2.187.311	2.221.234	2.229.876	2.248.873	2.273.262	2.393.969	2.623.487	2.995.499	3.556.763	3.789.116	3.789.116	
Total do Ano	22.636.192	22.511.602	22.619.287	21.796.663	23.173.879	23.563.499	24.987.833	24.326.448	25.174.763	25.469.889	29.943.685	36.491.258	39.887.718	3.324.375	

Fonte: Distribuidoras de combustíveis autorizadas pela ANP, conforme Portaria ANP 202/2006.

Notas: Até 2005, a fonte dos dados foi o Departamento de Controle de Produção - DCP. A partir de 2007 a fonte é o Sistema de Informações de Monitoramento de Produção - SIMP.

Até 2006, inclui as vendas e o consumo próprio das distribuidoras. A partir de 2007, inclui apenas as vendas.

(m³) = metro cúbico.

(n/d) = não disponível.

A partir de 2008, a mistura de biodiesel puro (B100) ao diesel comum passou a ser obrigatória. Entre janeiro e junho de 2008, a mistura de biodiesel puro (B100) ao diesel comum foi de 2%, entre julho de 2008 e junho de 2009 foi de 3% e entre julho e dezembro de 2009 foi de 4%.

A partir de 01/01/2010, o biodiesel passou a ser adicionado ao diesel comum na proporção de 5% em volume, conforme Resolução CNFR nº 5 de 16/06/2009.

Uma exceção a esta regra é o diesel comum para uso aviação. De acordo com a Resolução ANP nº 52/2010, a ANP determinará a adição obrigatória de biodiesel aos combustíveis aviação quando as condições técnico-operacionais para o uso seguro de mistura estiverem estabelecidas.

Destes estabelecidos em 14 de março de 2013.

<sup>1</sup> Essas informações são ainda preliminares e poderão sofrer ajustes nas próximas atualizações.

<sup>2</sup> Variação percentual do acréscimo dos valores desde o mês de janeiro até um determinado mês do ano de 2013, em relação ao acréscimo do mesmo período do ano de 2012.

# ANEXO C – Psicrômetro



O N323RHT é um controlador digital de temperatura e umidade relativa. Possui três saídas de controle do tipo relé que podem ser configuradas independentemente para atuar como controle ou alarme. Todas as saídas podem ser temporizadas.

Os sensores de umidade e temperatura acompanham o aparelho, são protegidos por capsula em poliestireno e possuem cabo com 3 metros de comprimento.

As características elétricas particulares de cada modelo são apresentadas no corpo do próprio controlador, em acordo com o pedido de compra.

## ESPECIFICAÇÕES

**Entrada de Sensor (SENSOR INPUT): Umidade**  
 Faixa de medição: 0 e 100 % de umidade relativa (RH) (ver Fig. 1);  
 Precisão: Ver Fig. 1; Repetibilidade:  $\pm 1\%$  RH;  
 Histerese:  $\pm 1\%$  RH;  
 Erro de linearidade:  $\leq 1\%$  RH;  
 Estabilidade:  $\leq 1\%$  RH por ano;  
 Tempo de Resposta: 4 segundos na faixa de 10 a 90 %, com ar em movimento suave. No restante da faixa, até 48 horas.

**Entrada de Sensor (SENSOR INPUT): Temperatura**  
 Precisão: Ver Fig. 1; Repetibilidade:  $\pm 0,1\%$ ;  
 Faixa de medição:  $-10$  a  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  (ver Fig. 1);  
 Tempo de Resposta: até 30 segundos com ar em movimento suave;

Tempo de aquecimento para atender especificações acima: 15 minutos

Resolução da medida: RH: 1 % em toda a faixa

T:  $0,1^{\circ}\text{C}$  de  $-10$  a  $10$  e  $1^{\circ}\text{C}$  de  $10$  a  $100$

Saída (OUTPUT): Relé SPDT: 1 HP 250 Vca / 1/2 HP 125 Vca (16 A Res.)

Saída 2 (OUTPUT): Relé: 3 A / 250 Vca, SPDT-NA

Saída 3 (OUTPUT): Relé: 3 A / 250 Vca, SPDT-NA

Alimentação (POWER SUPPLY): Tensão: 100 a 240 Vca  $\pm 10\%$

Consumo: 12 a 30 VA

Dimensões: Largura x Altura x Profundidade: 75 x 33 x 75 mm

Peso: 100 g

Recorre no painel: 70 a 50 mm

Ambiente de operação do módulo eletrônico:  $-10$  a  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  / 20 a 85 % RH

Ambiente de operação do módulo sensor:  $-10$  a  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  / 0 a 100 % RH

Gabinete em Policarbonato UL94 V-2, Grau de proteção: caixa IP42, frontal IP66

Conexões para fios de até 4,0 mm<sup>2</sup>; Interface RS485 com protocolo MODBUS (Opcional)

Interface serial não isolada do circuito de entrada.

Interface isolada do circuito de alimentação, exceto no modelo com alimentação 24 V.

Precisão das Medidas e Limites Operacionais dos Sensores:

Precisão de Umidade Relativa @ 25 °C

Precisão de Temperatura

Condições de Operação do Sensor

## IMPORTANTE

O sensor utilizado neste equipamento pode ser danificado ou descalibrado se exposto a atmosferas contaminadas com agentes químicos: Ácido Clorídrico, Ácido Nítrico, Ácido Sulfúrico e Amônia em concentrações elevadas podem danificar o sensor. Acetona, Etanol e Propileno Glicol podem causar erro de medida reversível.

Correlações de eventual erro nos leituras dos sensores podem ser realizadas diretamente no controlador, nos parâmetros SP1 e SP3, dentro do nível de configuração.

## CONEXÕES ELÉTRICAS

A figura abaixo indica os terminais de conexão para o sensor, alimentação e saída do controlador e um exemplo de ligação.

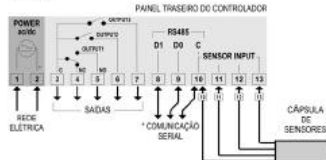


Fig. 2 – Conexões realizadas na parte do controlador – Faixa de Isolamento – Modelo Padrão

## RECOMENDAÇÕES PARA A INSTALAÇÃO

Os Condutores do sensor de umidade devem permanecer a plena distância dos condutores da saída de controle e de alimentação, de preferência em eletrodutos separados.

A alimentação do controlador deve, preferencialmente, de uma rede própria para instrumentação ou de fonte diferente daquela usada pela saída de controle.

É recomendável o uso de FILTROS RC (at R = 100  $\Omega$ , até) em bobinas de contadores, solenóides, etc.

## FUNCIONAMENTO

O controlador atua sobre as saídas OUTPUT1, OUTPUT2 e OUTPUT3 para levar a variável medida (temperatura ou umidade) para o valor pretendido, definido pelo subparâmetro SP1, SP2 e SP3.

OUTPUT 1, OUTPUT 2 e OUTPUT 3 podem atuar como saídas de controle, quando atuam diretamente sobre a carga do sistema (resistência, compressor, unificador, etc.) ou podem atuar como saídas de alarme, que atuam sinalizando ao operador a ocorrência de alguma situação específica, definida pelo usuário. Os modos de atuação são apresentados a seguir e podem ser definidos nos parâmetros RE1, RE2 e RE3.

- Saída de Controle com Ação Reversa.**  
Liga a saída quando a variável medida está abaixo do SetPoint atribuído a esta saída. Tipo de ação utilizado para o controle em aquecimento.
- Saída de Controle com Ação Direta.**  
Liga a saída quando a variável medida está acima do SetPoint atribuído a esta saída. Tipo de ação utilizado para o controle em refrigeração.
- Alarme de Mínimo.**  
Liga a saída quando a variável medida está abaixo do SetPoint atribuído a esta saída.
- Alarme de Máximo.**  
Liga a saída quando a variável medida está acima do SetPoint atribuído a esta saída.
- Alarme de Mínimo com Bloqueio Inicial.**  
Idêntico ao Alarme de Mínimo mas a característica de Bloqueio Inicial, descrito em nota abaixo.
- Alarme de Máximo com Bloqueio Inicial.**  
Idêntico ao Alarme de Máximo mas a característica de Bloqueio Inicial, descrito em nota abaixo.
- Alarme Dentro da Faixa.**  
Liga a saída quando a variável medida estiver dentro do intervalo definido na figura abaixo:  
(SP1 - SP2) e (SP1 + SP2) ou (SP1 - SP3) e (SP1 + SP3)
- Alarme Fora da Faixa.**  
Liga a saída quando a variável medida estiver fora do intervalo definido na figura abaixo:  
(SP1 - SP2) e (SP1 + SP2) ou (SP1 - SP3) e (SP1 + SP3)
- Alarme Dentro da Faixa com Bloqueio Inicial.**  
Idêntico ao Alarme Dentro da Faixa mas a característica de Bloqueio Inicial, descrito em nota abaixo.

## 9- Alarme Fora da Faixa com Bloqueio Inicial.

Idêntico ao Alarme Fora da Faixa mas a característica de Bloqueio Inicial, descrito em nota abaixo.

Nota 1: Os modos de atuação 5, 7, 8 e 9 são disponíveis apenas para OUTPUT 2 e OUTPUT 3. Para OUTPUT 1 quando CnB configurado como 0, 1, 4 ou 7. Para OUTPUT 2 quando CnB configurado como 0, 2, 5 ou 7.

Nota 2: O Bloqueio Inicial faz com que o controlador desconsidere situações de alarme no início do processo quando o controlador é ligado e inicia a operação de controle.

O Bloqueio Inicial impede (bloqueia) que o alarme seja ligado no início do processo de controle. O alarme somente será desbloqueado após a passagem da variável medida por uma condição sem alarme. Essa característica é útil, por exemplo, quando um alarme de mínimo está programado em um processo de aquecimento. Sem o bloqueio, o processo pararia com o alarme acionado até que o seguinte de controle fosse atingido.

## Temporização das Saídas

O controlador permite programação de Temporização das Saídas, onde o usuário pode estabelecer três condições: retardar no disparo de saída, acionamento temporário e acionamento sequencial.

A temporização está disponível apenas para as saídas 1, 2 e 3 e é programada através dos parâmetros T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10, T11, T12 e T13.

As figuras a seguir representam estas funções. T1 e T2 podem variar de 0 a 1000 segundos e suas combinações determinam o modo de temporização. Para que os alarmes tenham operação normal, sem temporização, programar 0 (zero).

No painel frontal do controlador os sinalizadores P1, P2 e P3 acendem quando os respectivos saídas são acionadas. Quando o retardar, o respectivo sinalizador permanece piscando.

Função de Saída Temporizada	T1	T2	ATUAÇÃO
Operação normal	0	0	Saída de alarme Condição de alarme
Retardo no disparo	0	1 a 1000 s	Saída de alarme Condição de alarme
Acionamento temporário	1 a 1000 s	0	Saída de alarme Condição de alarme
Acionamento sequencial	1 a 1000 s	1 a 1000 s	Saída de alarme Condição de alarme

Tabela 1 – Funções de Temporização das Saídas 1, 2 e 3

## OPERAÇÃO

Antes do uso o controlador deve ser configurado pelo usuário. Esta configuração consiste em definir valores para os diversos parâmetros que determinam o modo de funcionamento do equipamento.

Estes parâmetros de configuração estão organizados em grupos ou Níveis, chamados níveis de parâmetros.

Nível	Funções Relacionadas
0	Medição de Temperatura
1	Ajuste de Setpoints
2	Configuração
3	Calibração

Ao ligar o controlador, o display (painel frontal) apresenta por 1 segundo a versão do equipamento. Esta informação é importante para eventuais consultas ao fabricante.

O controlador então passa a apresentar o valor de temperatura medida pelo sensor. Este é o nível 0 ou nível de Medição de Temperatura.

Para ter acesso ao nível 1 pressionar [F1] por 1 segundo até aparecer o parâmetro SP1 P. Pressionar novamente [F1] para retornar ao nível de medição de temperatura.

Para ter acesso ao nível 2 pressionar [F2] por 2 segundos até aparecer o parâmetro T1-HLT. Soltar e tecer [F2] para permanecer neste nível. Pressionar novamente [F2] para acessar os outros parâmetros deste nível. Após o último parâmetro o controlador volta para o nível de medição de temperatura.

Para alterar os valores dos parâmetros, ativar sobre as teclas [▲] e [▼] até obter os valores desejados.

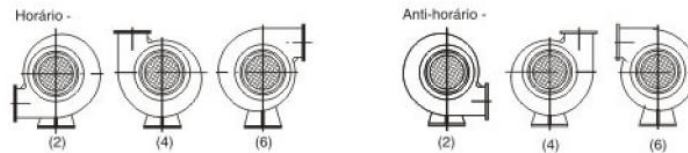
Notas: 1 A programação e salva pelo controlador quando este passa de um parâmetro para outro e somente então considera com validade. A programação e guardada em memória permanente, mesmo na falta de energia elétrica.

## ANEXO D – Curvas características do ventilador

DIMENSÕES (mm) DOS VENTILADORES SIROCOS - VSI

MO	A	B	C	D	E	F	OG	OH	J	K	L	M	N	O	P	Q	OR	S	T
VSI-80	86	70	86	70	56	51	6	92	198	135	10	5	144	155	72	42	9	76	-
VSI-90	91	78	86	73	56	60	M5	102	222	168	15	8	166	156	128	99	10	110	70
VSI-100	112	91	122	104	80	68	7	128	288	218	35	8	267	239	100	60	10	93	-
VSI-130	112	91	122	104	80	68	7	128	286	218	24	8	267	239	100	60	10	93	-
VSI-150	150	127	150	127	104	104	8	153	359	275	31	14	276	298	138	80	10	141	-
VSI-160	150	127	150	127	104	104	8	153	359	275	31	14	276	298	138	80	10	141	-
VSI-190	215	185	175	150	105	143	M10	203	426	363	38	16	349	419	192	140	10	178	117
VSI-195	220	190	177	150	108	148	9	-	360	380	-	16	415	416	192	140	10	178	117
VSI-200	215	175	215	175	143	143	M10	203	434	363	38	16	349	419	192	140	10	178	117
VSI-210	215	175	215	175	143	143	M10	203	477	363	38	16	349	419	192	140	10	178	117
VSI-350	245	210	235	200	165	165	10	241	537	390	45	20	394	505	200	140	9	390	290
VSI-360	245	210	235	200	165	165	10	241	567	390	45	20	394	505	200	140	9	390	290

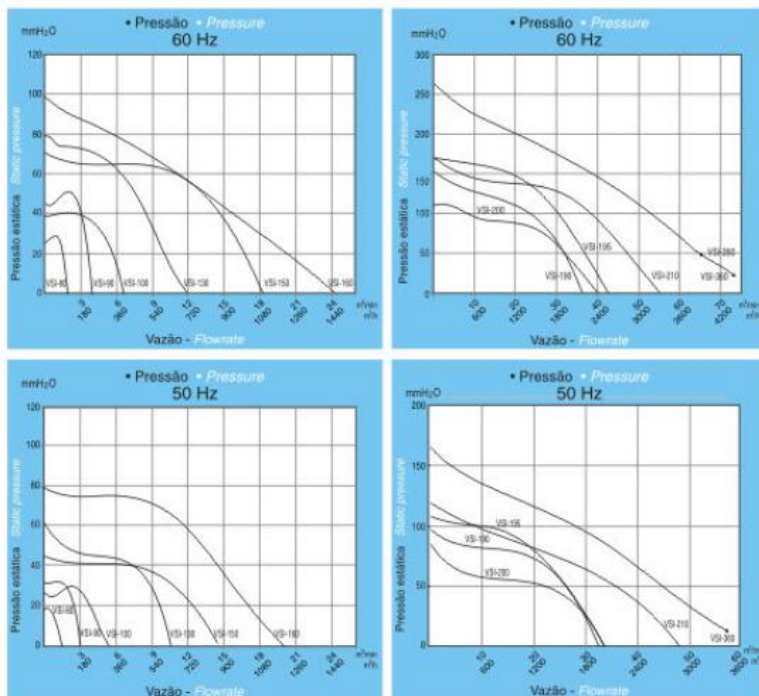
POSICÕES DE MONTAGEM DOS VENTILADORES SIROCOS - VSI



MODELO VSI	60 Hz				50 Hz				kg
	VAZÃO MAX. MAX FLOWRATE (m³/min)	PRESSÃO MAX. MAX PRESSURE mm H₂O	RUÍDO NOISE dB (A)	**CV	VAZÃO MAX. MAX FLOWRATE (m³/min)	PRESSÃO MAX. MAX PRESSURE mm H₂O	RUÍDO NOISE dB (A)	**CV	
VSI-80	1,9	26	70	1/20	1,5	18,2	62	1/50	3
VSI-90	3,6	46	77	1/6	3	32,2	66	1/15	4,5
VSI-100	6,6	39	79	1/6	5,5	27,3	68	1/15	6,5
VSI-130	12,3	80	81	1/2	10,6	62	71	1/4	7,6
VSI-150	18,4	71,4	78	1	15	45	70	1/2	9,1
VSI-160	24,6	99	89	1	20,1	79	75	1/2	11
VSI-190	36	151	84	2	32,8	99	70	1	18
VSI-195	42,9	171,6	90	2	34	106	82	1	19
VSI-200	40,2	108	95	2	33,5	84	82	1	19
VSI-210	55	171	95	4	48,5	116,2	82	2	27
VSI-350	65	260	98	5	-	-	-	-	45
VSI-360	73	261	98	6	58	165	90	3	48

\* Valores medidos a 1 metro de distância da entrada de ar no ventilador em plena carga

CURVAS DE DESEMPENHO DO VENTILADOR SIROCO - VSI



Valores nominais indicados conforme norma ISO 5801, válidos dentro de uma tolerância de  $\pm 10\%$  a uma densidade de  $1,2 \text{ kg/m}^3$ , 50Hz e 60Hz



## ANEXO E – Medidor de vazão tipo turbina

Detalhes podem ser visualizados no site:

[http://www.incontrol.ind.br/produtos.php?id=22&id\\_categoria=6](http://www.incontrol.ind.br/produtos.php?id=22&id_categoria=6)

Linearidade	Melhor do que $\pm 0,5\%$ FE
Repetitividade	$\pm 0,05\%$
Diâm. nominal	de 1/4" a 12"
Sinal de saída	Pulsos ou 4 a 20 mA
Con. ao proc.	Flangeada, rosqueada e sanitária
Temp. oper.	-30° a 180° C, acima sob consulta
Pressão oper.	Até 300 bar, dependendo do modelo
Materiais	Mancais Buchas de carbeto de tungstênio
	Rolamento tipo esfera blindado de AI440C
	Corpo AISI304, AISI316, PVC, Aço carbono
	Flange AISI304, AISI316, PVC, Aço carbono
	Rotor 17.4PH, AISI420, níquel
Alimentação	Internos AISI304, AISI316
	24Vcc, 50mA, com pré-amplificador 110/220 Vac e saída 4-20 mA
Invólucro	Alumínio fundido, IP67 ou Exd Br II B T6 IP65

Linearidade	Melhor do que $\pm 1,0\%$ FE
Repetitividade	$\pm 0,1\%$
Diâm. nominal	de 1/4" a 12"
Sinal de saída	Pulsos ou 4 a 20 mA
Con. ao proc.	Flangeada, rosqueada e sanitária
Temp. oper.	-30° a 180° C, acima sob consulta
Pressão oper.	Até 300 bar, dependendo do modelo
Materiais	Mancais Buchas de carbeto de tungstênio
	Rolamento tipo esfera blindado de AI440C
	Corpo AISI304, AISI316, PVC, Aço carbono
	Flange AISI304, AISI316, PVC, Aço carbono
	Rotor 17.4PH, AISI420, níquel
Alimentação	Internos AISI304, AISI316
	24Vcc, 50mA, com pré-amplificador 110V 220 Vac
Invólucro	Alumínio fundido, IP67 ou Exd Br II B IP65

Modelo Básico	Diâm. Nominal (polegada)	Faixa de Medição	
		(Litros/min)	(m3/h)
VTL006	1/4"	1,3 a 13,2	0,08 a 0,8
VTL009	3/8"	2,8 a 28,4	0,17 a 1,7
VTL012	1/2"	4,7 a 36	0,28 a 2,16
VTL015	5/8"	6,7 a 60	0,40 a 3,6
VTL019	3/4"	10 a 110	0,60 a 6,60
VTL025	1"	17 a 227	1,00 a 13,6
VTL038	1 1/2"	33 a 492	2,00 a 29,5
VTL050	2"	63 a 852	3,80 a 51,1
VTL063	2 1/2"	95 a 1.513	5,70 a 90,8
VTL075	3"	150 a 2.460	9,00 a 147
VTL100	4"	282 a 4.732	16,9 a 284
VTL150	6"	757 a 10.977	45,4 a 659
VTL200	8"	1.248 a 19.682	74,9 a 1.181
VTL250	10"	2.460 a 30.280	147 a 1.817
VTL300	12"	5.298 a 45.417	318 a 2.725

Modelo Básico	Diâmetro Nominal (polegada)	Faixa de Medição
		m³/h real
VTG006	1/4"	0,51 a 5,94
VTG009	3/8"	1,02 a 8,49
VTG012	1/2"	1,70 a 17,0
VTG015	5/8"	2,50 a 25,0
VTG019	3/4"	3,40 a 34,0
VTG025	1"	4,20 a 81,5
VTG038	1 1/2"	8,50 a 203,9
VTG050	2"	17,0 a 339,8
VTG063	2 1/2"	25,5 a 849,6
VTG075	3"	34,0 a 1.019
VTG100	4"	51,0 a 1.869
VTG150	6"	85,0 a 5.097
VTG200	8"	170,0 a 8.156
VTG250	10"	254,9 a 12.744
VTG300	12"	340,0 a 20.390

# ANEXO F – Transdutor de pressão



## TP-691

TRANSMISSOR DE PRESSÃO - MANUAL DE INSTRUÇÕES



### PRECAUÇÃO

Antes de colocar o transmissor em operação, leia atentamente suas especificação e instruções de operação. No caso de danos causados por operação incorreta ou uso indevido, e suas conseqüências, a garantia se torna nula e sem valor.

A instalação deve ser realizada por profissional especializado.

### ESPECIFICAÇÕES

Faixa de medida: .....ver etiqueta  
 Sinal de Saída: .....4-20mA, tipo dois fios  
 Tensão de Alimentação (V<sub>exc</sub>): .....11 a 33 Vdc  
 Impedância Máxima da Carga: ..... $R_{Lmax} = (V_{exc} - 11V) / 20mA$   
 Onde: V<sub>exc</sub> = Tensão de alimentação  
 Carga= medidor de te de saída  
 Precisão: .....< 0,3% do Fundo de Escala (FS)  
 (incluindo não-linearidade, histerese e repetibilidade)  
 Desvio Térmico: .....< 0,03% do FS/°C  
 Sensibilidade Térmica: .....< 0,015% do FS/°C  
 Sobre-Pressão: .....2 vezes a pressão nominal limitada a 80 bar.  
 Pressão de Ruptura: .....3 vezes a pressão nominal limitada a 90 bar.  
 Peso: .....245 gramas  
 Temperatura de Operação: .....-15 a 80 °C  
 (meio e ambiente)  
 Resposta Dinâmica: .....< 5ms  
 Material em contato com o meio: .....Cerâmica / Inox 1.4305  
 Compatibilidade: .....gases e líquidos compatíveis  
 com cerâmica e inox 1.405 (AISI 303).  
 Conexão ao Processo: .....Rosca externa 1/4 - 18NPT (modelo base)  
 Conexão Elétrica: .....conector DIN 43650-A  
 Grau de Proteção do Conector: .....IP65  
 Compatibilidade Eletromagnética: .....Descarga eletrostática  
 (IEC 1000-4-2) 8kV no ar  
 4kV nos contatos, sem falhas  
 conforme EC 89/336 (EMC);  
 Radiação eletromagnética: .....ENV 50140 10V/m de 80 a 1GHz  
 sem falhas.  
 Transientes (burst): .....IEC 801-4, 2kV, sem falhas.  
 Campos magnéticos: .....EN 61000-4-8, 50Hz 30A/m, sem falhas.  
 Interferência conduzida: .....EN 55022; 0,15 a 30MHz, sem efeito.  
 Emissão de interferência: .....30 a 1000Hz  
 sem efeito a 10m do invólucro.

Produto comercializado por Novus Produtos Eletrônicos Ltda.

### IDENTIFICAÇÃO

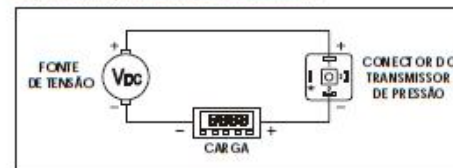
A figura abaixo mostra a disposição das informações na etiqueta de identificação do transmissor.



### RECOMENDAÇÕES PARA A INSTALAÇÃO

- Na instalação elétrica, os de sinais de entrada devem percorrer a planta separados dos condutores de saída e de alimentação, se possível em eletrodutos atrelados.
- A alimentação dos instrumentos deve vir de uma rede própria para instrumentação.
- Em aplicações de controle e monitoração é essencial considerar o que pode acontecer quando qualquer parte do sistema falhar.
- É recomendável o uso de FILTROS RC (47Ω e 100nF, série) em bobinas de contactoras, solenóides, etc.

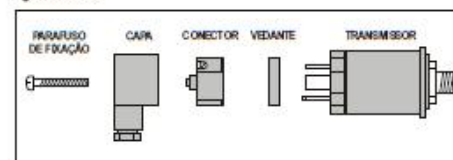
O sinal de saída do transmissor (4-20mA) é a própria corrente do circuito. A corrente vale 4mA para o limite inferior de pressão e 20mA para o limite superior. Esse limites são apresentados na etiqueta fixada junto ao corpo do transmissor.



No circuito acima a fonte de alimentação deve ter a tensão definida de modo a permitir que a tensão sobre o transmissor fique dentro da faixa estabelecida para a Tensão de Excitação (V<sub>exc</sub> = 11 a 33V).

O elemento CARGA neste circuito corresponde ao dispositivo indicador da pressão medida pelo transmissor, podendo ser um indicador, registrador, etc. Sua impedância máxima (R<sub>Lmax</sub>) é definida em função do valor de tensão de alimentação do sistema.

O acesso aos terminais de conexões acontece conforme mostra figura abaixo.



### GARANTIA

A Novus Produtos Eletrônicos Ltda., assegura ao proprietário de seus equipamentos, identificados pela nota fiscal de compra, uma garantia de doze meses, nos seguintes termos:

- O período de garantia inicia a partir da data de emissão da Nota Fiscal, fornecida pela Novus.
- Dentro do período de garantia, a mão de obra e componentes aplicados em reparos de defeitos ocorridos em uso normal, serão gratuitos.
- Para os eventuais reparos, enviar o equipamento, juntamente com as notas fiscais de remessa para conserto, para o endereço de nossa fábrica em Porto Alegre. Despesas e riscos de transporte, ida e volta, correrão por conta do proprietário.
- Mesmo no período de garantia serão cobrados os consertos de defeitos causados por choques mecânicos ou exposição do equipamento a condições impróprias de temperatura e umidade.



## ANEXO G – Inversor de Frequência



- Controle PID
- Filtro EMI incorporado
- Compartilhamento de DC Bus
- Saída em frequência de 0,1 a 600Hz
- 06 entradas digitais
- 02 saídas digitais
- 02 entradas analógicas (corrente ou tensão)
- 01 saída analógica (corrente ou tensão)
- Protocolo ModBus (padrão) - RS485
- Teclado com potenciômetro opcional
- Cartões de extensão de I/Os e encoder
- Entrada de tensão monofásica ou trifásica
- Módulo de frenagem (chopper) incorporado
- Disponíveis de 0,75kW (1HP) até 22kW (30HP)
- Módulos em Profibus, DeviceNet e CANopen (opcionais)
- Instalação lado-a-lado (alta dissipação de resfriamento)
- Ferramenta de programação e análise gráfica GRATUITA
- Suporte de fixação em trilho DIN

Código PA (NOVUS)	Inversor VFD-E (Vetorial com CLP integrado)
8450100721	0,75 kW ( 1 HP ) 200-240Vca (1F) / In = 9,7A
8450100723	0,75 kW ( 1 HP ) 200-240Vca (3F) / In = 5,1A
8450100743	0,75 kW ( 1 HP ) 380-440Vca (3F) / In = 3,2A
8450101521	1,5 kW ( 2 HP ) 200-240Vca (1F) / In = 15,7A
8450101523	1,5 kW ( 2 HP ) 200-240Vca (3F) / In = 9,0A
8450101543	1,5 kW ( 2 HP ) 380-440Vca (3F) / In = 4,3A
8450102221	2,2 kW ( 3 HP ) 200-240Vca (1F) / In = 24A
8450102223	2,2 kW ( 3 HP ) 200-240Vca (3F) / In = 15A
8450102243	2,2 kW ( 3 HP ) 380-440Vca (3F) / In = 7,1A
8450103723	3,7 kW ( 5 HP ) 200-240Vca (3F) / In = 20,6A
8450103743	3,7 kW ( 5 HP ) 380-440Vca (3F) / In = 11,2A
8450105523	5,5 kW ( 7,5 HP ) 200-240Vca (3F) / In = 26A
8450105543	5,5 kW ( 7,5 HP ) 380-440Vca (3F) / In = 14A
8450107523	7,5 kW ( 10 HP ) 200-240Vca (3F) / In = 34A
8450107543	7,5 kW ( 10 HP ) 380-440Vca (3F) / In = 34A
8450111023	11 kW ( 15 HP ) 200-240Vca (3F) / In = 48A
8450111043	11 kW ( 15 HP ) 380-440Vca (3F) / In = 26A
8450115023	15 kW ( 20 HP ) 200-240Vca (3F) / In = 70A
8450115043	15 kW ( 20 HP ) 380-440Vca (3F) / In = 35A
8450118543	18,5 kW ( 25 HP ) 380-440Vca (3F) / In = 41A
8450122043	22 kW ( 30 HP ) 380-440Vca (3F) / In = 49A
8451200000	Teclado (display) frontal para inversor

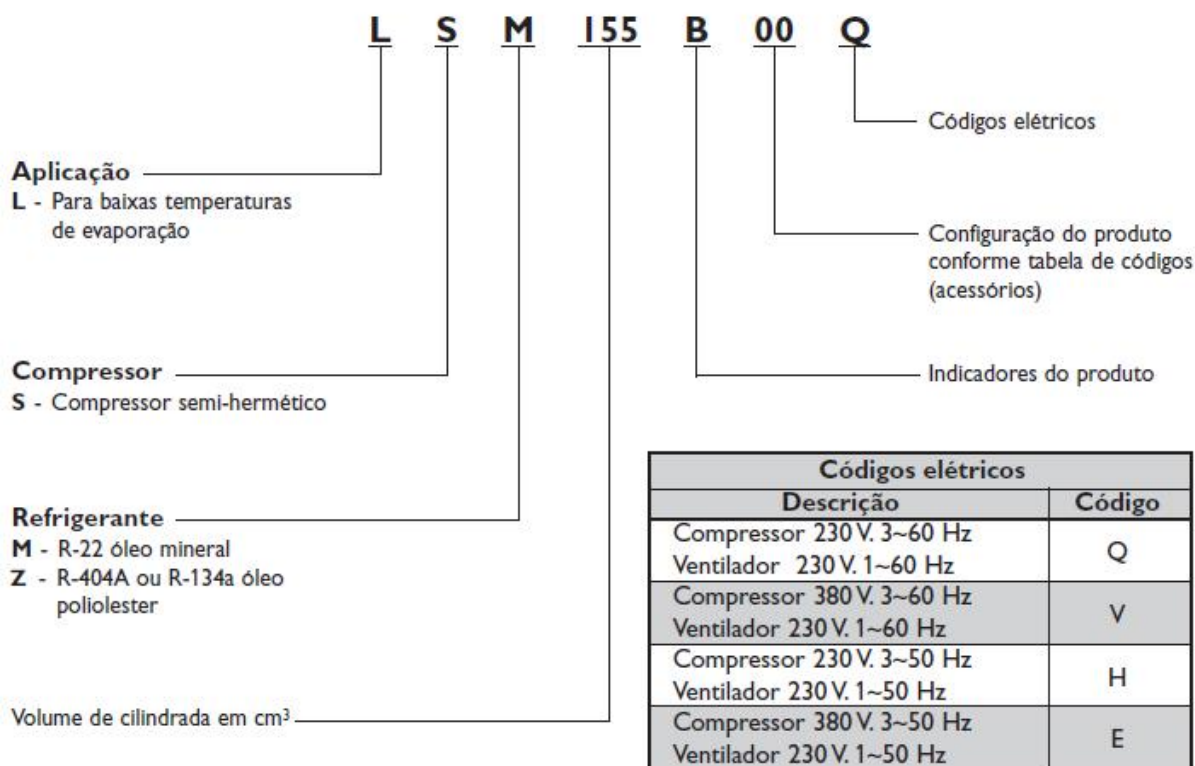
## 163

## ANEXO I: Códigos do fornecedor Danfoss para seleção da unidade de condensação.

Detalhes podem ser visualizados no site:

<http://www.danfoss.com/NR/rdonlyres/C73F94C1-7E4A-43D3-9FC9-6EB15AB74B91/0/Cat%C3%A1logodeSele%C3%A7%C3%A3oeAplica%C3%A7%C3%A3odeUnidadesCondensadorasSemiHerm%C3%A9ticasBR10032800.pdf>

### 3.1.1. DESIGNAÇÃO DOS MODELOS - 10 DÍGITOS





## ANEXO J – Conversor de sinal TX-BLOCK

NOVUS

TRANSMISSORES DE TEMPERATURA SMART - TxBlock e TxRail

### APRESENTAÇÃO

O transmissor de temperatura **TxBLOCK** para uso em cabeçotes é facilmente programável pelo usuário.

Estes transmissores substituem com vantagens os tradicionais analógicos, pois o sinal dos sensores é transmitido já linearizado.

O modelo **TxRail** tem as mesmas características avançadas do **TxBLOCK** porém sua fixação é para trilho DIN 35 mm.

A configuração da entrada, da saída e da faixa de trabalho de ambos modelos, pode ser realizada no campo por meio de uma interface conectada ao PC.



### CARACTERÍSTICAS

Os transmissores de temperatura **TxBLOCK** (para cabeçote) e **TxRail** (para trilho DIN) são dispositivos facilmente programáveis para atuar nas mais variadas aplicações industriais. Um único modelo pode ser configurado para aceitar vários tipos de termopares, Pt100 e 0 a 50 mV.

### ESPECIFICAÇÕES

- Entrada programável: termopares J, K, T, E, N, R, S, Pt100 a 2 ou 3 fios e tensão 0 a 50 mV.
- Faixa de medida programável pelo usuário.
- Saída 4-20 mA ou 20-4 mA a 2 fios com alimentação pelo loop.
- Pt100 a 2 e 3 fios e termopares com saída linearizada.
- Compensação de junta fria para termopares.
- Opcional para **TxRail**: saída 0 a 10 Vcc.
- Software configurador para ambiente Windows® (opcional).
- Configuração pelo PC através de interface TxConfig.
- Ajuste de zero (offset) pode ser feito no campo com um jumper no **TxBLOCK** ou por 2 teclas frontais no **TxRail**.
- Filtro digital de entrada selecionável.
- Alimentação: 12 a 35 Vcc.
- Precisão: Pt100 e 0 - 50 mV  $\pm 0,2\%$  da faixa máxima termopares  $\pm 0,3\%$  da faixa máxima.
- Efeito da temperatura: 0,003% da faixa / °C.
- Temperatura de trabalho: -40 a +85 °C.
- Sinalização de ruptura do sensor programável para *upscale* ou *downscale*.
- Dimensões: 44 mm (Diâm.) x 25 mm (A) para **TxBLOCK** e 72 x 78 x 19 mm para **TxRail**.

### CONFIGURAÇÃO

A configuração é realizada por meio de uma interface USB conectada ao PC utilizando o software configurador.



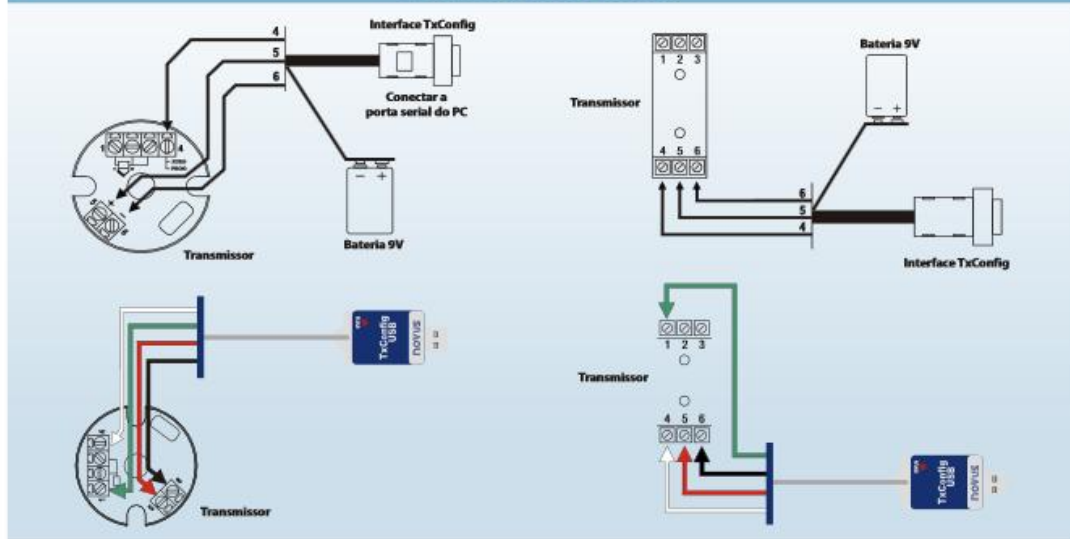
CONFIGURADOR para PC

### ENTRADAS E FAIXAS MÁXIMAS

A entrada pode ser programada para os seguintes sensores e ranges máximos:

ENTRADA	FAIXA MÁXIMA	FAIXA MÍNIMA
Termopar tipo K	0 a 1370 °C	100 °C
Termopar tipo J	0 a 760 °C	100 °C
Termopar tipo R	0 a 1760 °C	400 °C
Termopar tipo S	0 a 1760 °C	400 °C
Termopar tipo T	0 a 400 °C	100 °C
Termopar tipo N	0 a 1300 °C	100 °C
Termopar tipo E	0 a 720 °C	100 °C
Pt100	-200 a 650 °C	40 °C
Tensão	0 a 50 mV	5 mV

### LIGAÇÕES Interface TxConfig



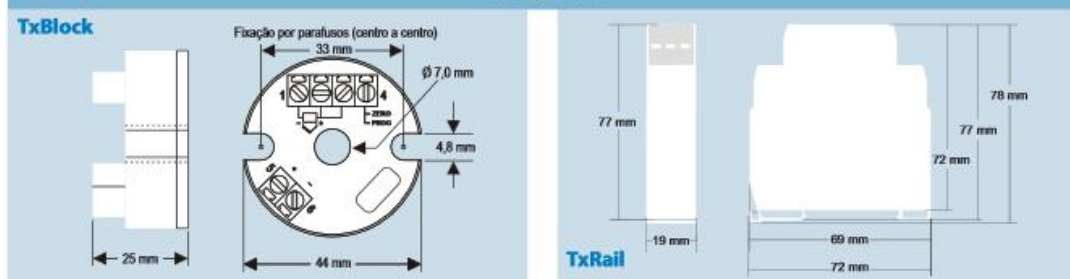
### CARGA E ALIMENTAÇÃO



### CONEXÕES ELÉTRICAS



### DIMENSÕES



## ANEXO K – Relês de estado sólido

**novus**  
www.novusautomation.com

RELE DE ESTADO SOLIDO - SSR  
10, 25, 40, 60, 80 E 100 A  
MANUAL DE INSTRUÇÕES

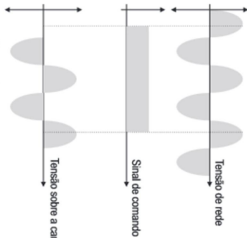
### CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS

Os Relés de Estado Sólido são dispositivos eletrônicos usados no acionamento de cargas resistivas ou indutivas com inúmeras vantagens sobre os convencionais relés eletromecânicos. Um sinal de comando (NPN) determina o acionamento da carga através dos terminais de saída (OUTP).

Sem ruído elétrico, faticamento ou desgaste mecânico. Sinalizador luminoso (LED) indicador de estado ligado ou desligado. Circuito interno de proteção (Snubber) da saída. Zero Crossing, liga em zero Volt, desliga em zero Ampère. Isolação ótica entre comando e potência.

## FUNCIONAMENTO

Após receber um sinal de comando em seus terminais de entrada (INPUT), o SSR conduz (liga) e alimenta a carga. A condução acontece efetivamente na próxima passagem por zero da tensão de rede. No desligamento acontece o mesmo. O sinal de comando é retirado, porém o SSR somente bloqueia (desliga) na próxima passagem por zero.

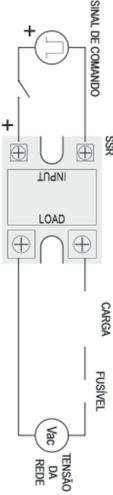


O fato de figur e desfigur a alimentação da criança sempre em um arranjo por meio da tensão de rede três varáveis importante para instalação. Praticamente não são geradas interferências elétricas na instalação e o SSR não é submetido a condições severas de chaveamento.

Outra implicação é a impossibilidade de chavear tensão contínua (DC), somente tensão alternada (AC).

## CONEXÕES ELÉTRICAS

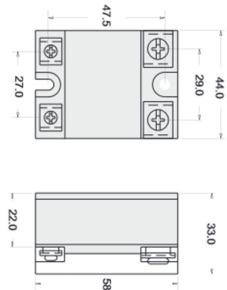
São duas ligações necessárias: Sinal de comando e ligação com a carga. Na ligação com a carga, um fusível ultra-rápido deve ser utilizado para proteger a instalação. Terminals bem fixados e fios adequados ajudam na eficiência de instalação



**Fig 1 - Conexões elétricas**

## ESPECIFICAÇÕES

Parâmetro	Unidade	Módulo			
Corrente de carga (I <sub>c</sub> )	A/mA	SSR 2310 SSR 4910	SSR 2525 SSR 4915	SSR 2440 SSR 4940	SSR 4860 SSR 49100
Tensão de Cuidado	V/mA	50 / 250 (2300) / 75 / 460 (4600)	11 a 1,5	40 a 460	
Queda de tensão (V <sub>ca</sub> )	V/mA	< 5 (2300) / < 14 (4600)		1,6 a 1,8	
Corrente de fuga	mA/mA			< 5	
Frequência	Hz	47 a 70		47 a 63	
durad	V/μs	50 a 200		300	
Tensão de controle	Vcc	4 a 32		3 a 32	
Tempo de controle	mA/mA	5 a 12		6 a 25	
Tempo comutação	ms	< 10		< 10	
Disparo		Comutamos por zero		Comutamos por zero	
Isolamento	V/mA	4000		2000	
Temperatura carregar	°C	-30 a + 80		-40 a 80	



**Fig 2 - Dimensões**

## DISSIPACÃO DE CALOR

**Opção:** Com a corrente de carga circulando, há geração de calor sobre o SSR. Este calor deve ser retirado do SSR para evitar a queima por sobre-aquecimento. Os valores nominais de corrente de carga ( $I_c$ ) definidos para cada modelo de SSR levam em conta o uso de um dissipador adequadamente calculado. Assim, a utilização desse dissipador, a corrente de carga máxima possível é enormemente reduzida. O usuário pode calcular o dissipador adequado ao seu processo ou utilizar o modelo indicado por Novus.

$$R_{\text{thta}} = \frac{75^{\circ}\text{C} - T_{\text{amb}}}{I_L \times V_{\text{ssr}}}$$

Entre o SSR e o dissipador deve ser obrigatoriamente utilizada pasta térmica que é fundamental para a perfeita transferência de calor. O conjunto SSR + dissipador deve ser fixado na posição vertical, de modo a facilitar a troca de calor com o ambiente.

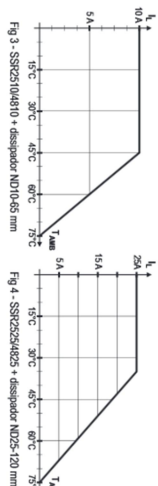


Fig 4 - SSR2525/4825 + dissipador NID25-120 mm

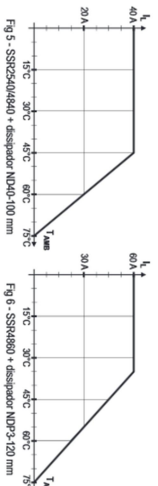


Fig 6 - SSR4860 + dissipador NDP3-120 mm

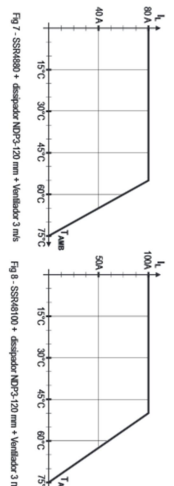


Fig 8 - SSR48100 + desigador NDP3-120 mm + Ventilador 3 m/s

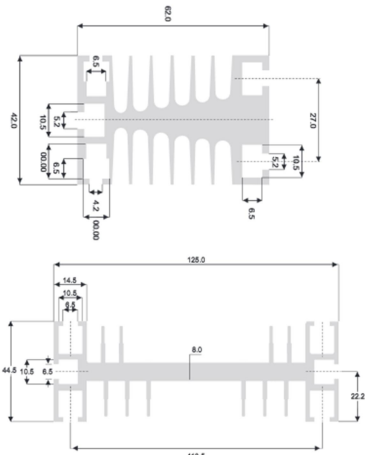


Fig 9 - Dissipador ND10 (para 65mm: R<sub>thja</sub> = 2,0 °C / W)      Fig 10 - Dissipador ND25 (para 120 mm: R<sub>thja</sub> = 1,1 °C / W)

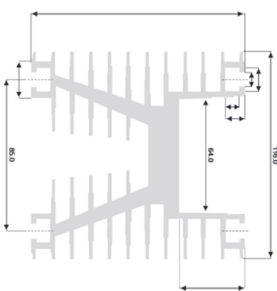


Fig 11 - Dissipador ND40 (para 100 mm:  $R_{thja} = 0,65^{\circ}\text{C/W}$ )

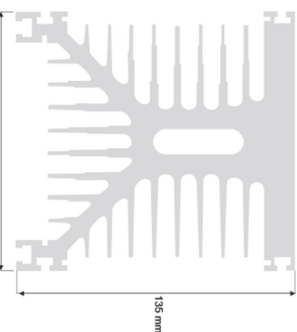
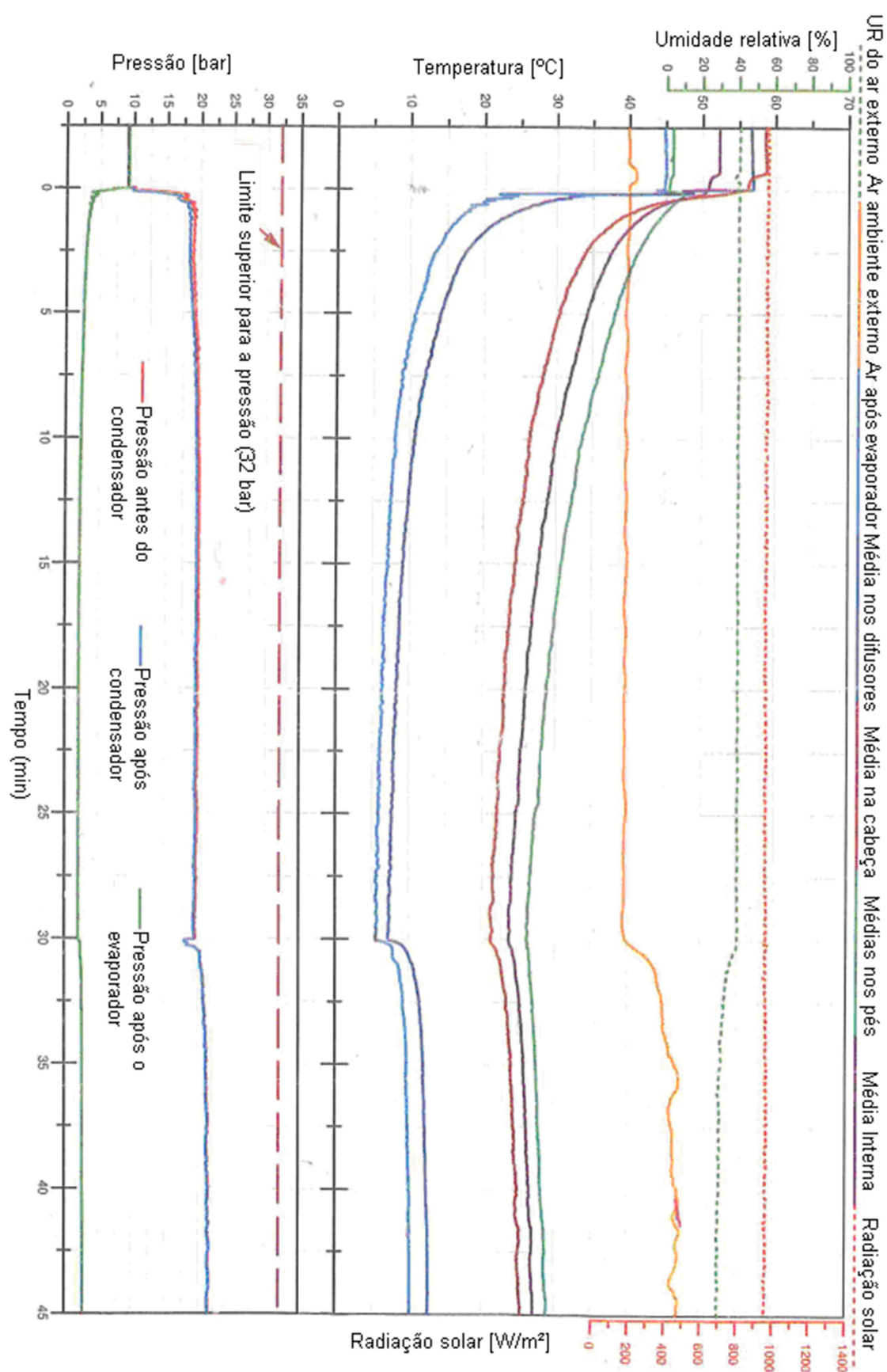


Fig 9 - Dissipador NDP3 (para 120 mm: R<sub>thja</sub> = 0,52 °C/W)

Produto Comercializado por Novus Automation.





## ANEXO M – Bomba d'água

### KSB MEGABLOC

#### BOMBAS CENTRÍFUGAS MONOBLOCO



Tecnologia avançada, construção robusta e simplicidade de projeto fazem da bomba KSB Megabloc a melhor das opções em bombas monobloco para aplicações industriais, construção civil, ar condicionado, lavoura, irrigação, uso doméstico ou serviços gerais.

Além de compacta a KSB Megabloc é ainda "back-pull-out": não há necessidade de desconectar as tubulações de sucção e recalque para executar eventuais serviços de manutenção. Suas vantagens, aliadas à qualidade ISO 9001 da KSB, são acompanhadas de motores elétricos das melhores marcas.

Enfim: uma bomba monobloco de alta confiabilidade e tecnologia incorporada.

### Aplicações

Para uso geral, no bombeamento de água e de líquidos limpos ou turvos, no abastecimento de água na indústria, serviços públicos, lavouras e uso geral. Aplicações especiais sob consulta.

Recomendadas, também, nos serviços de irrigação, drenagem e combate à incêndio, circulação de água de resfriamento e de condensados, em instalações prediais e de ar condicionado.

### Descrição Geral

Execução horizontal, simples estágio sucção horizontal e descarga vertical, acoplada ao motor elétrico no sistema monobloco.

### Dados de Operação

<b>BOMBAS CENTRÍFUGAS DE ROTOR FECHADO</b>	
<b>Tamanhos</b>	: 25 até 150 DN
<b>Vazões</b>	: até 500 m <sup>3</sup> /h
<b>Elevações</b>	: até 130 m
<b>Elevação de Sucção</b>	: até 7 m
<b>Pressão de Sucção</b>	: até 3 bar
<b>Motor</b>	: 110 ou 220 V (Monofásico até 12,5 CV) : 220/380/440/760 V (Trifásico)
<b>Temperatura máxima do líquido bombeado</b>	: até + 90 °C
<b>Rotação</b>	: até 3.500 rpm







Vazão (m³/h)	Altura (m)	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
		25-150	25-150	25-150	25-150	25-150	25-150	25-200	25-200	25-200	25-200
4		0,75 97	1,0 101	2,0 113	2,0 124	3,0 130	3,0 141	5,0 159	5,0 165	5,0 165	7,5 179
6		0,75 97	1,5 105	2,0 116	2,0 124	3,0 132	3,0 141	5,0 159	7,5 166	7,5 173	7,5 181
8		25-150	25-150	25-150	25-150	25-150	25-200	25-200	25-200	25-200	25-200
		1,0 101	1,5 111	2,0 118	3,0 128	3,0 134	5,0 153	5,0 161	7,5 168	7,5 176	7,5 182
10		32-125.1	32-125.1	25-150	25-150	25-150	32-160.1	25-200	32-160.1	25-200	25-200
		1,5 110/90	2,0 117	2,0 124	3,0 131	3,0 141	5,0 147	5,0 163	7,5 163	7,5 179	7,5 183
12		32-125.1	32-125.1	32-125.1	25-150	32-125.1	32-160.1	32-160.1	32-160.1	32-160.1	25-200
		1,5 110/94	2,0 117	3,0 124	3,0 133	4,0 140	5,0 149	5,0 158	7,5 164	7,5 171	10 185
14		32-125.1	32-125.1	32-125.1	32-125.1	32-125.1	32-160.1	32-160.1	32-160.1	32-160.1	32-200.1
		2 110/98	3,0 114	3,0 125	3,0 134	4,0 141	5,0 150	7,5 159	7,5 165	7,5 172	10 187
16		32-125.1	32-125.1	32-125.1	32-125.1	32-125.1	32-160.1	32-160.1	32-160.1	32-160.1	32-200.1
		2 110/102	3,0 115	3,0 126	4,0 135	4,0 143	7,5 151	7,5 160	7,5 166	7,5 173	10 189
18		32-125.1	32-125.1	32-125.1	32-125.1	32-125.1	32-160.1	32-160.1	32-160.1	32-160.1	32-200.1
		2 110	3,0 118	3,0 128	4,0 136	5,0 144	7,5 153	7,5 160	7,5 168	7,5 174	10 191
20			32-125.1	32-125.1	32-125.1	32-125	32-160.1	32-160.1	32-160.1	32-200	32-200
			3,0 121	4,0 131	4,0 139	5,0 135	7,5 156	7,5 162	7,5 169	10 178	12,5 183
22			32-125	32-125	32-125	32-125	32-160.1	32-160.1	32-160	32-200	32-200
			4,0 110	4,0 121	5,0 129	5,0 136	7,5 158	7,5 165	10 173	10 178	12,5 183
24			32-125	32-125	32-125	32-125	32-160.1	32-160.1	32-160	32-200	32-200
			4,0 111	4,0 121	5,0 130	7,5 137	7,5 160	7,5 166	10 175	12,5 180	12,5 184
26			32-125	32-125	32-125	32-125	32-160	32-160	32-200	32-200	32-200
			4,0 113	5,0 122	5,0 131	7,5 137	7,5 163	10 170	12,5 178	12,5 181	12,5 186
28			32-125	32-125	32-125	32-125	32-160	32-160	32-200	32-200	32-200
			4,0 115	5,0 124	7,5 132	7,5 139	10 165	10 172	12,5 178	12,5 183	15 188
30			32-125	32-125	32-125	32-160	32-160	32-200	32-200	32-200	32-200
			4,0 117	5,0 125	7,5 133	7,5 160	10 168	10 176	12,5 180	15 186	15 189
35			40-125	40-125	40-125	40-125	40-160	40-160	40-160	40-160	40-160
			5,0 111	7,5 120	7,5 128	10 137	10 147	10 152	12,5 160	12,5 165	15 171
40			40-125	40-125	40-125	40-125	40-160	40-160	40-160	40-160	40-160
			5,0 113	7,5 121	7,5 130	10 138	10 147	12,5 154	12,5 162	15 166	15 172
45			40-125	40-125	40-125	40-160	40-160	40-160	40-160	40-160	40-200
			7,5 115	7,5 123	10 131	10 140	12,5 149	12,5 157	15 163	15 168	20 188
50			40-125	40-125	40-125	40-160	40-160	40-160	40-160	40-200	40-200
			7,5 118	7,5 125	10 133	12,5 144	12,5 151	15 159	15 164	20 186	20 190
60			50-125	50-125	40-160	40-160	40-160	40-160	50-160	50-160	50-160
			10 115	10 124	12,5 140	12,5 149	15 156	15 163	20 160	20 167	20 174
70			50-125	50-125	50-125	50-125	50-160	50-160	50-160	50-160	50-200
			10 117	10 126	12,5 134	15 142	20 150	20 156	20 163	20 170	25 187
80			50-125	50-125	50-125	50-160	50-160	50-160	50-160	50-160	50-200
			10 120	12,5 128	12,5 136	15 146	20 153	20 160	25 165	25 172	30 191
90			50-125	50-125	50-125	65-125	50-160	50-160	50-160	65-160	65-200
			10 122	12,5 130	12,5 139	20 141	20 156	20 163	25 169	30 169	30 182
100			65-125	65-125	50-125	65-125	50-160	50-160	50-160	65-160	65-200
			15 120	15 129	15 140	20 141	20 160	25 166	25 172	30 170	40 183
110			65-125	65-125	65-125	65-160	65-160	65-160	65-160	65-160	65-200
			15 121	15 130	20 137	20 148/145	25 154	25 162	30 168	40 171	40 185
120			65-125	65-125	65-125	65-160	65-160	65-160	65-160	65-160	65-200
			15 122	15 131	20 138	25 149/148	25 157	30 163	30 169	40 172	40 187
130			65-125	65-125	65-125		65-160	65-160	65-160		65-200
			15 125	20 132	20 139		25 159	30 166	40 169		40 190
140			65-125	65-125	65-125		65-160	65-160	65-160		
			15 128	20 134	20 140		30 162	40 168	40 171		
150				65-125	65-125			65-160			
				20 137	20 141			40 169			
Vazão (m³/h)	Altura (m)	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60

A - Tamanho da Bomba  
B - Potência do Motor (CV)  
C - Diâmetro Nominal do Rotor (mm)

## ANEXO N – Válvula gaveta

### ACESSOINDUSTRIAL VÁLVULA GAVETA DE BRONZE COM HASTE NÃO ASCENDENTE CLASSE 150PSI. VEDAÇÃO EM BRONZE, TAMPA ROSCADA INTERNAMENTE, EXTREMIDADES ROSCADAS BSP.



- Construção de Acordo com Normas NBR 8465
- Para extremidades NPT mudar o 4º dígito para 2:

Ref. 1132-150

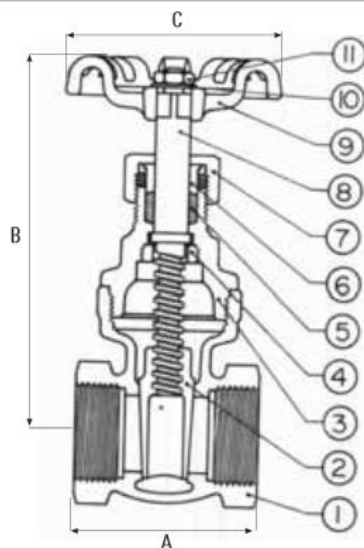
#### Condições de Trabalho

150 PSI (10 BAR)	VAPOR SATURADO	SEM CHOQUE
300 PSI (20 BAR)	ÁGUA, ÓLEO, GÁS	SEM CHOQUE



Fig. 1131-150

Nº	Descrição	Materiais
1	Corpo	Bronze ASTM B62
2	Cunha Sólida	Bronze ASTM B62
3	Tampa	Bronze ASTM B62
4	Arruela de Trava	Latão
5	Gaxeta	PTFE
6	Preme Gaxeta	Latão
7	Porca Gaxeta	Bronze ASTM B62
8	Haste	Latão ASTM B124
9	Volante	Alumínio
10	Arruela de Identificação	Alumínio
11	Porca do Volante	Aço Bi-Cromatizado

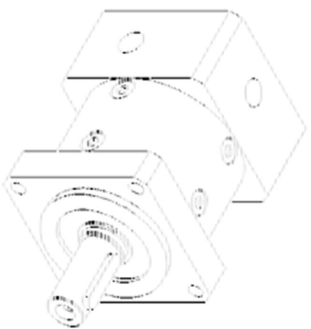
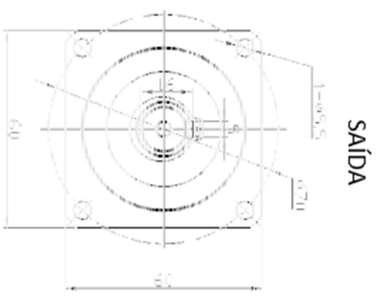
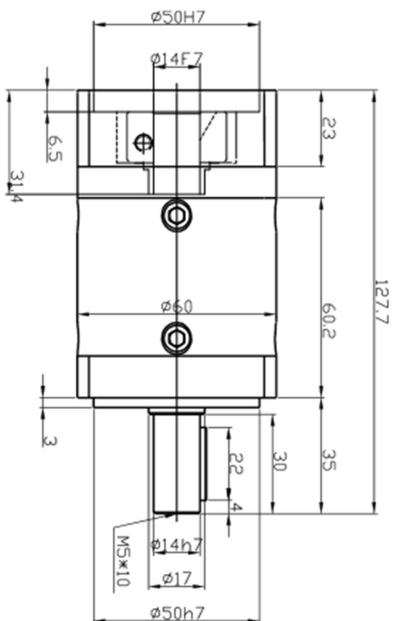
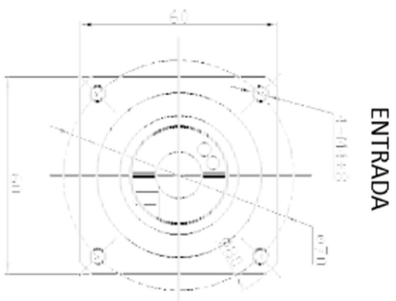


Medida		Peso Kg	Dimensões		
IN	DN		A	B	C
1/4	6	0,33	44	88	55
3/8	10	0,33	47	88	55
1/2	15	0,37	50	88	60
3/4	20	0,52	54	100	60
1	25	0,84	60	125	70
1 1/4	32	1,15	64	135	70
1 1/2	40	1,45	70	155	80
2	50	2,48	80	180	90
2 1/2	65	4,10	95	225	120
3	80	5,25	102	245	120
4	100	10,40	130	285	165

## ANEXO O – Conjunto moto-redutor



### REDUTOR DE PRECISÃO PLANETÁRIO PLF60 – 15:1



#### Especificações técnicas

Torque nominal de saída: 34Nm  
Torque máximo de saída: 68Nm  
Velocidade nominal de entrada: 4.000rpm  
Velocidade máxima de entrada: 8.000rpm  
Tempo médio de vida útil: 20.000h  
Folga: <10arcmin  
Momento de inércia: 0.088kgcm²  
Eficiência em plena carga: 94%  
Temperatura de operação: -25°C ~ +90°C  
Método de lubrificação: Graxa sintética  
Grau de proteção: IP65  
Peso: 1,3kg

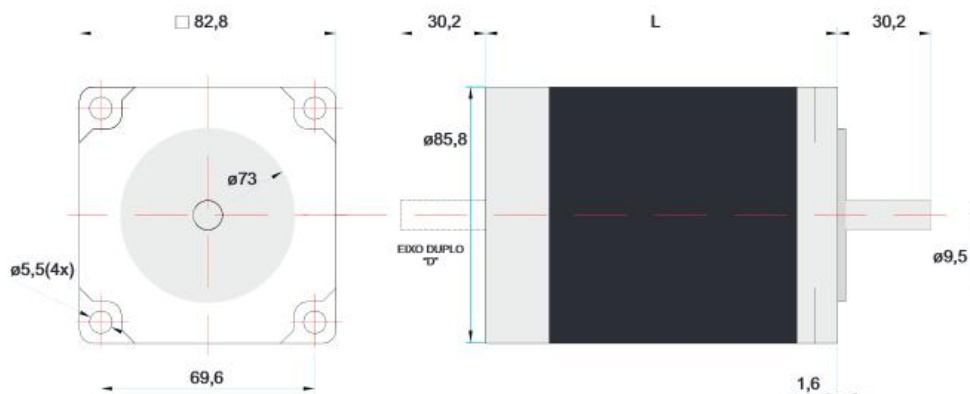
#### Nota:

Compatível com todos os servo motores DELTA de 400W com flange de 60mm.  
Exemplos de modelos: C10604, C20604, C30604.  
Substituindo a flange de entrada conforme desenho (Flange NEMA 23) e colocando uma bucha de adaptação conforme diâmetro do eixo do motor torna-se compatível com motores de passo NEMA 23. Este redutor possui a flange de saída quadrada.





## MOTOR DE PASSO KTC-5034 / NEMA 34



MODELO	LIGAÇÃO DO MOTOR 1-SÉRIE 2-PARALELO 3-UNIPOLAR	COMPRIMENTO "L" (mm)	MINÍMO TORQUE ESTÁTICO (N.m)	FIOS	STEP (ÂNGULO)	VOLTS	AMPS	OHMS	mH	ROTOR INERÇIA (g.cm2)	MOTOR PESO (Kg)
KTC-5034-348	1	65	1,50	8	1,8	3,0	2,42	1,3	10,0	670	1,30
	2		1,5			4,84	0,3	2,5			
	3		2,1			3,42	0,6	2,5			
KTC-5034-349	1	94	3,15	8	1,8	3,5	3,54	1,0	11,6	1230	2,45
	2		1,8			7,07	0,3	2,9			
	3		2,5			5,00	0,5	2,9			
KTC-5034-350	1	125	4,70	8	1,8	3,5	4,17	0,8	10,4	1870	3,50
	2		1,8			8,34	0,2	2,6			
	3		2,5			5,90	0,4	2,6			



[www.kalatec.com.br](http://www.kalatec.com.br)

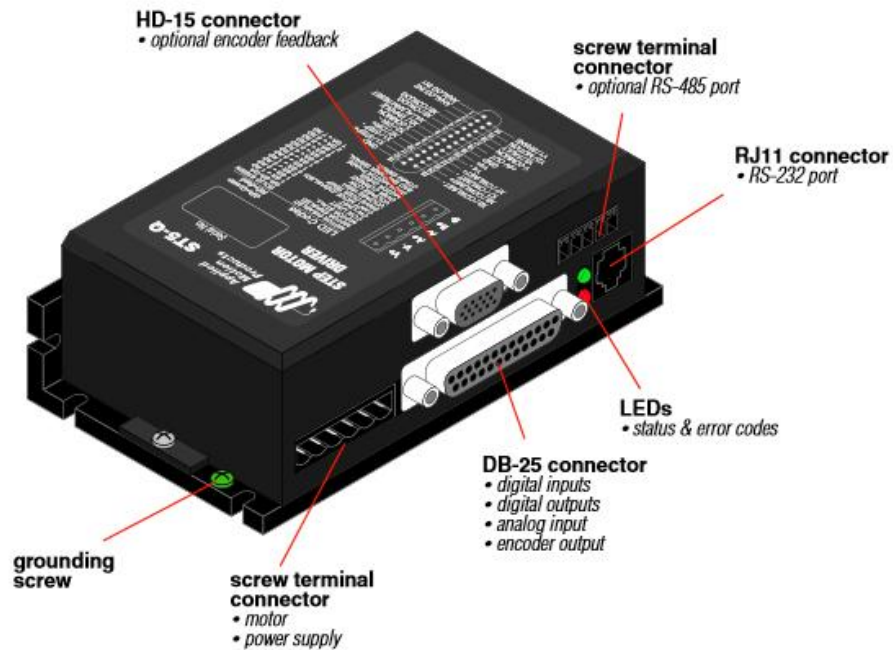


## ANEXO P – Driver do motor de passo

920-0004 Rev. A5  
5/2507

### ST5/10-SI,-Q Hardware manual

The connectors and other points of interest are illustrated below. Depending on your drive model and application, you'll need to make connections to various parts of the drive. These are detailed later in the manual.



## ANEXO Q - Termopares

### Faixas de Utilização e Limites de Erro para o Termopar tipo K

Tipo do Termopar	Nome do Termoelemento	Faixa de Utilização (C°)	Limite de Erro	
			Padrão	Especial
Termopar tipo K	(+) Chromel	0 a 1260	$\pm 2,2^{\circ}\text{C}$ ou $\pm 0,75\%$	$\pm 1,1^{\circ}\text{C}$ ou $\pm 0,4\%$
	(-) Alumel	-200 a 0	$\pm 2,2^{\circ}\text{C}$ ou $\pm 2\%$	-

### Temperaturas máximas do Termopar tipo K

Temperaturas limite para as diversas bitolas (°C)						
Tipo do Termopar	8 AWG (3,26 mm)	14 AWG (1,63 mm)	20 AWG (0,81 mm)	24 AWG (0,51 mm)	28 AWG (0,33 mm)	30 AWG (0,25 mm)
Termopar tipo K	1260	1090	980	870	870	760

## ANEXO R – Airgate

### Especificações Gerais

- Banda de operação: ISM 2.4 GHz
- Topologia de rede: estrela, protocolo IEEE 802.15.4
- 16 canais de operação com seleção automática e adaptativa
- Potência máxima de transmissão: 100 mW
- Alcance: 1000 metros em campo aberto
- Taxa de transmissão wireless: 250 Kbps
- Criptografia de dados: AES-CBC-128 (Advanced Encryption Standard)
- Baud rate serial: 1,2 a 115,2 Kbps
- Alimentação: 10 a 35 Vcc
- Consumo máximo: 70 mA (em 24 V)
- Grau de proteção: IP20
- Alojamento: ABS+PC com fixação para trilho de 35 mm
- Certificados: Anatel (1818-11-7089), CE e FCC



### Características

- Quatro modos de operação: RS485-Master, RS485-Slaves, USB-Master e Multi-Master
- Conector para antena: RP SMA Fêmea (Plugue)
- Antena 2 dBi
- Extensão com base magnética opcional
- Interface RS485 Modbus RTU
- Interface USB Device (Mini-B)
- LEDs indicadores de estado



**NOVUS**  
Medimos, Controlamos, Registramos

## ANEXO S – Digirail

### INTRODUÇÃO

O Módulo Modbus de Entradas Analógicas Universais - DigiRail-2A é uma unidade de medição remota com duas entradas analógicas configuráveis. Uma interface serial RS485 permite a leitura e a configuração desses entradas, via rede de comunicação. É próprio para a montagem em trilhos DIN 35 mm.

As entradas são isoladas eletricamente da interface serial e da alimentação do módulo. Entre entradas não há isolamento elétrico. Entre interface serial e alimentação também não há isolamento elétrico.

A configuração do DigiRail-2A é feita pela interface RS485 utilizando comandos Modbus RTU. O software DigiConfig permite a configuração de todos os recursos do DigiRail bem como seu diagnóstico. O DigiConfig oferece recursos para detectar os dispositivos presentes na rede Modbus e configurar os parâmetros de comunicação do DigiRail-2A.

Este manual apresenta as instruções para instalação e conexão do módulo. O instalador para o DigiConfig e a documentação para comunicação Modbus para o DigiRail-2A (Manual de Comunicação do DigiRail-2A) estão contidos no CD que acompanha o produto. Podem também ser encontrados para download em [www.novus.com.br](http://www.novus.com.br).

### INSTALAÇÃO ELÉTRICA

#### RECOMENDAÇÕES PARA A INSTALAÇÃO

- Condutores de sinais de entrada e de comunicação devem percorrer a planta do sistema separados dos condutores da rede elétrica, se possível em eletrodutos aterrados.
- A alimentação dos instrumentos deve vir de uma rede própria para instrumentação.
- Em aplicações de controle e monitoração é essencial considerar o que pode acontecer quando qualquer parte do sistema falhar.
- É recomendável o uso de FILTROS RC (47Ω e 100nF, série) em paralelo com bobinas de contatores e solenóides que estejam próximas ou ligadas ao DigiRail.

#### CONEXÕES ELÉTRICAS

A Figura 1 mostra as conexões elétricas necessárias. Os terminais 1, 2, 3, 7, 8 e 9 são destinados às conexões de entrada, 5 e 6 para a alimentação do módulo e 10, 11 e 12 para a comunicação digital. Para melhor contato elétrico aos conectores, recomenda-se a utilização de terminais de pino na extremidade dos condutores. Para conexão direta de fios, a bitola mínima recomendada é 0,14 mm², não podendo exceder a 4,00 mm².



Cuidado ao conectar os terminais de alimentação ao DigiRail. Se o condutor positivo da fonte de alimentação for ligado, mesmo que momentaneamente, a um dos terminais de ligação de comunicação, o módulo poderá ser danificado.

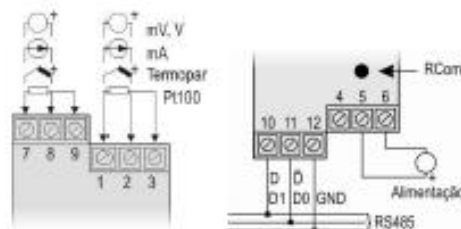


Figura 1 – Conexões Elétricas

#### CONEXÕES ELÉTRICAS – ENTRADA 0-5 Vcc / 0-10 Vcc

Para utilizar os tipos de entrada 0-5 Vcc e 0-10 Vcc, o usuário deve antes alterar a posição dos jumpers localizados dentro do módulo. Para isso, o módulo deve ser aberto e os jumpers J1 e J2 (entrada 1 e entrada 2, respectivamente) devem ser alterados conforme opções abaixo:

- Para tipo de entrada 0-5 Vcc e 0-10 Vcc os jumpers devem ser colocados nas posições 1 e 2.
- Para os demais tipos de entrada, colocar os jumpers nas posições 2 e 3 (posição de fábrica).

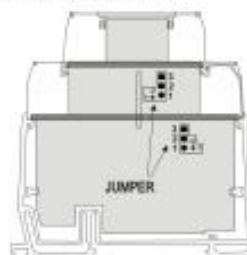


Figura 2 – Jumper para entrada 0-5 Vcc e 0-10 Vcc

### CONFIGURAÇÃO

O usuário recebe o módulo perfeitamente calibrado, não necessitando nenhum ajuste. A configuração original possui as seguintes características:

Sensor termopar tio J, indicação °C, Filtro = 0  
Endereço=247, BaudRate=1200, Paridade Par,  
1 Stop Bit

O aplicativo DigiConfig é um programa para Windows® utilizado para a configuração dos módulos DigiRail. Para sua instalação, executar o arquivo DigiConfigSetup.exe a partir do CD do produto e seguir as instruções apresentadas.

O DigiConfig tem um completo arquivo de ajuda, com todas as informações necessárias para sua plena utilização. Para consultar a ajuda, inicie o aplicativo e selecione o menu "Ajuda", ou pressione a tecla F1.

Caso você não tenha o CD que acompanha o produto, consulte [www.novus.com.br](http://www.novus.com.br) para obter o instalador do DigiConfig e os manuais editoriais do produto.



## ESPECIFICAÇÕES

Entradas: 2 entradas analógicas universais.

Sinais de entrada: Configurável. Ver Tabela 1.

Termopares: Tipos J, K, T, R, S, B, N e E, conforme NBR 12771. Impedância >> 1M $\Omega$ .

Pt100: Tipo 3 fios,  $\alpha = .00385$ , NBR 13773, Excitação de 700 $\mu$ A. Para utilizar Pt100 2 fios, interligar terminais 2 e 3.



Atenção! Ao ativar o módulo utilizando calibrador para Pt100, observar se a corrente mínima requerida por este é compatível com a corrente de excitação especificada: 700 $\mu$ A.

Outros Sinais:

- 0 a 20 mV, -10 a 20 mV, 0 a 50 mV.  
Impedância >> 1 M $\Omega$ .
- 0 a 5 Vcc, 0 a 10 Vcc. Impedância >> 1 M $\Omega$ .
- 0 a 20 mA, 4 a 20 mA.  
Impedância = 100  $\Omega$  ( $\pm$  1,7 Vcc).

Precisão total (a 25°C): Termopares: 0,25% de faixa máxima,  $\pm$  1°C; Pt100, tensão e corrente: 0,15% de faixa máxima;

Taxa de amostragem: de 2,5 a 10 amostras por segundo

Compensação interna de junta-fria para termopares

Sinal de Entrada	Faixa Máxima de Medição
Termopar J	-130 a 940 °C (-202 a 1724 °F)
Termopar K	-250 a 1370 °C (-328 a 2498 °F)
Termopar T	-250 a 400 °C (-328 a 752 °F)
Termopar E	-100 a 720 °C (-148 a 1328 °F)
Termopar N	-250 a 1300 °C (-328 a 2372 °F)
Termopar R	0 a 1780 °C (32 a 3200 °F)
Termopar S	0 a 1780 °C (32 a 3200 °F)
Termopar B	500 a 1800 °C (932 a 3272 °F)
Pt100	-200 a 650 °C (-328 a 1202 °F)
0 a 20 mV	Ajustável entre -31000 a +31000
-10 a 20 mV	
0 a 50 mV	
0 a 5 Vcc	
0 a 10 Vcc	
0 a 20 mA	
4 a 20 mA	

Tabela 1 – Sensores e sinais aceitos pelo módulo

Alimentação: 10 a 35 Vcc / 50 mA máxima. Proteção interna contra inversão de polaridade.

Isolamento elétrico entre entradas e alimentação/porta serial: 1000 Vcc

Comunicação serial: RS485 a dois fios, protocolo Modbus RTU. Parâmetros configuráveis: Velocidade de comunicação: de 1200 a 115200 bps; Paridade: par, ímpar ou nenhuma.

Tecla para restaurar parâmetros de comunicação: Tecla RCom, no painel frontal, coloca o dispositivo em modo diagnóstico (endereço 246, baud rate 1200, paridade par, 1 stop bit), isto a ser detectado e configurado pelo software DigiConfig.

Indicadores luminosos frontais de comunicação e status:

TX: Sinaliza que o dispositivo está enviando dados na linha RS485;

RX: Sinaliza que o dispositivo está recebendo dados na linha RS485;

Status: Quando permanentemente aceso, significa que o dispositivo está em operação normal; quando estiver piscando a cada segundo (aproximadamente), significa que o dispositivo está em modo diagnóstico; quando estiver piscando rapidamente, significa que há um erro interno.

Compatibilidade eletromagnética: EN 61326:2000

Temperatura de operação: 0 a 70 °C

Umidade relativa de operação: 0 a 90% UR

Involucro dos terminais: Poliamida

Montagem: Trilho DIN 35 mm

Dimensões: Ver Figura 3.

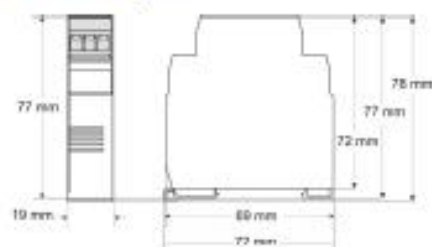


Figura 3 – Dimensões

## GARANTIA

As condições de garantia encontram-se em nosso web site [www.novus.com.br](http://www.novus.com.br).

## ANEXO T - cDAQ

### NI cDAQ-9188XT

#### Chassi NI CompactDAQ Ethernet de alta robustez com 8 slots

- Usado em ambientes robustos com faixa de temperatura de -40 a 70 °C, choque de 50 g e vibração de 5 g
- Configure um mecanismo fail-safe usando o temporizador watchdog para obter reações apropriadas nas saídas
- Mais de 50 módulos de E/S com troca a quente e condicionamento de sinais integrado à sua disposição
- Envio contínuo dos resultados das medições de formas de onda com nossa tecnologia patenteada NI Signal Streaming
- Simplifique a configuração, com o networking com configuração zero e um utilitário integrado de configuração baseado na web
- Medições em minutos com o software NI-DAQmx e geração automática de código do DAQ Assistant



#### Visão geral

O NI cDAQ-9188XT é um chassi NI CompactDAQ Ethernet de 8 slots criado para medições remotas ou distribuídas em ambientes severos. Com especificações de operação com faixa de temperatura de -40 °C a 70 °C, choque de 50 g e vibração de 5g, além de certificações de locais de risco Class 1 Division 2 e Ex, você pode fazer qualquer medição em qualquer lugar. Um único chassi NI CompactDAQ pode medir até 256 canais de sinais elétricos, físicos, mecânicos ou acústicos. Combinando mais de 50 módulos de E/S para sensores específicos da série C da National Instruments com tecnologia NI Signal Streaming, a plataforma NI CompactDAQ é um sistema flexível, que pode fornecer dados de várias medições diferentes com alta velocidade e facilidade de uso.

Com o cDAQ-9188XT, você pode configurar um temporizador watchdog para qualquer um dos canais de saída (analógico, digital ou contador) usados no chassi. Esse recurso oferece um mecanismo fail-safe, que assume o controle do canal de saída e coloca o sistema em um estado seguro conhecido, configurável pelo usuário, caso ocorra um evento indesejado, como a desconexão de um cabo Ethernet.

Os sistemas NI CompactDAQ combinam medições de sensor com medições em sinais de tensão, corrente e digitais, para que você possa criar sistemas customizados de medições físicas e elétricas, conectados a um PC host ou laptop por um cabo Ethernet. Há módulos disponíveis para diversas medições com sensores, incluindo termopares, RTDs, strain gages, transdutores de carga e pressão, células de torque, acelerômetros, medidores de fluxo e microfones. Além disso, utilizando um módulo digital da série C, como o 9401, você pode acessar os quatro contadores/temporizadores de 32 bits integrados em aplicações como PWM, contagem de eventos e medições de período ou frequência.

O chassi cDAQ-9188XT é fornecido com:

- DVD com o driver NI-DAQmx
- Chave de fenda da National Instruments (comum e Philips)
- Pôster Quick Start para o NI cDAQ-9188XT

Fonte de alimentação e cabo, vendidos separadamente.

Cada chassi é fornecido com o driver do NI-DAQmx, que inclui:

- Suporte de programação, para NI LabVIEW, ANSI C/C++, C# e Visual Basic .NET
- Geração de código do DAQ Assistant para NI LabVIEW, NI LabWindows™/CVI e NI Measurement Studio
- Exemplos de programas para todas as linguagens suportadas
- NI Measurement & Automation Explorer (MAX), para configuração e teste de sistemas

The mark LabWindows is used under a license from Microsoft Corporation. Windows is a registered trademark of Microsoft Corporation in the United States and other countries.

executed on an independent hardware target.

Built-In Trigger	Sim
Power Requirements	
Input Voltage Range	9 V - 30 V
Power Supply	DC
Counters / Timers	
Counters	4
Size	32 bits
Shock and Vibration	
Operational Shock	50 g
Random Vibration	10 Hz - 500 Hz
Random Operating Frequency Range	5 g
Physical Specifications	
Length	25.4 cm
Width	8.81 cm
Height	5.89 cm
Weight	900 gram
Operating Temperature	-40 °C - 70 °C
Storage Temperature	-40 °C - 85 °C
Maximum Altitude	5000 m



## ANEXO U – Módulo de Termopar – NI 9213

### NI 9213

#### Módulo de entrada de termopar com 16 canais

- CJC (compensação de junção fria) incorporada
- Modo de alta velocidade para 75 S/s / canal (taxa/canal após o mux)
- Isolação de segurança entre canais e terra do sistema de 250 Vrms
- Zeragem automática de canais, para a compensação de erros de offset
- ADC de 24 bits, para medições com sensibilidade de até 0,02 °C
- Suporte a termopares tipo J, K, T, E, N, B, R e S



#### Visão geral

O NI 9213 é um módulo de termopar de alta densidade para carriers da série C, criado para sistemas com grandes quantidades de canais. Com esse módulo, você pode incluir termopares em sistemas de teste de sinais mistos sem ter de ocupar uma quantidade grande demais de slots.

O NI 9213 é similar ao módulo de termopar com 4 canais NI 9211, exceto por ter quatro vezes sua quantidade de canais e quase 100 vezes sua taxa de amostragem. No modo de alta velocidade, a taxa de amostragem de cada canal pode ser de 75 S/s. Usando 12 ou menos canais, essa taxa de amostragem pode chegar a 100 S/s em cada canal.

Você pode usar até oito módulos NI 9213 em um chassi NI CompactDAQ ou CompactRIO para fazer 128 medições de termopar em um único chassi, ou implementar um módulo em um carrier USB, Ethernet ou Wi-Fi para módulos da série C.

Cada kit é fornecido com:

- módulo NI 9213 com conexões por terminais de pressão
- Conector NI 9940 com proteção mecânica
- Ferramenta para enrolar fios de sinais

#### Especificações

#### Documentos de especificações

- Especificações
- Datasheet

#### Resumo das especificações

##### General

Product Family	Industrial I / O
Measurement Type	Temperatura Thermocouple
Form Factor	CompactDAQ CompactRIO

## ANEXO V – Módulo de Corrente – NI 9203

### NI 9203

Módulo de entrada de corrente analógica com 8 canais,  $\pm 20$  mA, 200 kS/s, 16 bits

- 8 canais de entrada de corrente
- Faixas de entrada programáveis de  $\pm 20$  mA, 0 a 20 mA
- Calibração rastreável ao NIST
- Faixa de temperatura de -40 a 70 °C
- Taxa de amostragem agregada de 200 kS/s, resolução de 16 bits



### Visão geral

O NI 9203 é um módulo de aquisição de dados da série C com oito canais de entrada de corrente analógica para aplicações de monitoração e controle de alto desempenho. Esse módulo possui faixas de entrada programáveis de  $\pm 20$  mA ou 0 a 20 mA, resolução de 16 bits e taxa de amostragem máxima de 200 kS/s. Para proteção contra transientes de sinal, o NI 9203 tem uma barreira dupla de isolamento entre o canal e o terra do sistema (isolação de 250 Vrms), proporcionando segurança e imunidade contra ruído.

O módulo NI 9203 é fornecido com terminais de parafusos para a conexão dos fios de sinais. Conexões extras de terminais de parafusos podem ser adquiridas como peças de reposição ou sobressalentes. Além disso, para proteção mecânica, aplicações com vibrações intensas e segurança na presença de alta tensão, temos disponível um protetor plástico que mantém e protege as conexões dos fios de sinais. O kit da proteção mecânica, NI 9932, é vendido separadamente.

### Especificações

#### Documentos de especificações

- Especificações
- Datasheet

#### Resumo das especificações

##### General

Product Family	Industrial I / O
Measurement Type	Current
Form Factor	CompactDAQ CompactRIO

Analog Input Resolution	16 bits
-------------------------	---------

Simultaneous Sampling	No
-----------------------	----

## Simultaneous Sampling

A property of a measurement system in which each input or output channel is digitized or updated at the same instant. You will need simultaneous sampling for applications where the time relationship between inputs is important, such as phase analysis of AC signals.

Because channel-dedicated analog-to-digital converters (ADCs) are used to sample data simultaneously between inputs, the maximum sample rate is applicable to each channel and is not divided by the total number of channels. Devices that don't have simultaneous sampling capabilities use multiplexing to connect each channel to its ADC.

Interval scanning is a low-cost option to simulate simultaneous sampling for low-frequency signals such as temperature or pressure. This method scans the input channels at one interval and uses a second interval to determine the time before repeating the scan. The input channels are scanned within microseconds, creating the effect of simultaneously sampling the input channels.

Signal Conditioning	0-20 mA current input
---------------------	-----------------------

Analog Output

Number of Channels	0
--------------------	---

Digital I / O

Bidirectional Channels	0
------------------------	---

Input-Only Channels	0
---------------------	---

Output-Only Channels	0
----------------------	---

Counters / Timers

Counters	0
----------	---

Physical Specifications

Length	9 cm
--------	------



## ANEXO X – Módulo de Entrada Digital – NI 9411

### NI 9411

#### ±5 to 24 V, Differential Digital Input, 6 Ch Module

- 6-channel, 500 ns digital input
- ±5 V to 24 V, differential/single-ended digital input
- Compatible with NI CompactDAQ counters
- 60 VDC, CAT I isolation
- Industry-standard 15-pin D-SUB connector
- -40 °C to 70 °C operating, 5 g vibration, 50 g shock



### Visão geral

The NI 9411 is a C Series module designed for 6-channel, 500 ns differential/single-ended digital inputs. Each channel is compatible with ±5 V to 24 V signals. The NI 9411 works with industrial logic levels and signals for direct connection to a wide array of industrial switches, transducers, and devices.

The NI 9411 is a correlated digital module, so it can perform correlated measurements, triggering, and synchronization when installed in an NI CompactDAQ chassis.

#### Recommended Accessories

-NI 9935 15-pin D-SUB connector kit (or other 15-pin D-SUB connector)

-NI 9948 strain relief kit

#### Box Contents

-1 NI 9411 C Series module

-1 NI 9411 Operating Instructions and Specifications manual

-1 two-terminal detachable screw terminal for power connector

### Especificações

#### Documentos de especificações

- Especificações
- Datasheet

#### Resumo das especificações

##### General

##### Product Family

Digital I / O  
Industrial I / O

##### Measurement Type

Digital  
Dispositivos digitais especializados

##### Form Factor

CompactDAQ

RoHS Compliant	Sim
Isolation Type	Isolação entre canais e terra
Analog Input	
Single-Ended Channels	0
Differential Channels	0
Analog Output	
Number of Channels	0
Digital I / O	
Bidirectional Channels	0
Input-Only Channels	6
Output-Only Channels	0
Timing	Hardware
Maximum Clock Rate	2 MHz
Logic Levels	2.5 V
Digital Input	
Maximum Voltage Range	0 V - 24 V
Counters / Timers	
Counters	0
Physical Specifications	
Length	9 cm
Width	2.3 cm
I / O Connector	15-pin D-Sub
Operating Temperature	-40 °C - 70 °C

## ANEXO Y – Resistências Elétricas Tecnovento

As resistências de Alhetas são muito eficientes para aquecimento de gases. Confeccionadas a partir de elementos blindados em aço AISI 304 com alhetas metalizadas tipo lamelas ou helicoidal. Várias configurações possíveis. São utilizadas para aquecimento de gases por convecção ou por circulação forçada em estufas, aquecedores, etc.

Para fabricarmos este tipo de resistência faculta-nos o comprimento, material da blindagem, material das aletas, modo de fixação, potência (Watts) e Tensão (Volts), desenho ou amostra.

### Informações Técnicas:

- Tubo de aço inoxidável
- Isolamento: Óxido de Magnésio
- Tensão: até 440V
- Potência concentrada: até 9,0 W/cm<sup>2</sup> de acordo com a velocidade do ar
- Alhetas em lamelas ou helicoidal

### Exemplo:





## Anexo Z – Sensor de Nível



PMDsigma é a nova geração de aparelhos de monitoramento eletrônicos. Eles reduzem as situações perigosas para o homem e máquina e elevam a vida útil de máquinas e instalações. Economize custos e garanta um processo produtivo eficiente.

### Portfolio de produtos PMDsigma - aparelhos de monitoramento eletrônicos



#### **PMDsigma - Aparelhos de monitoramento eletrônicos**

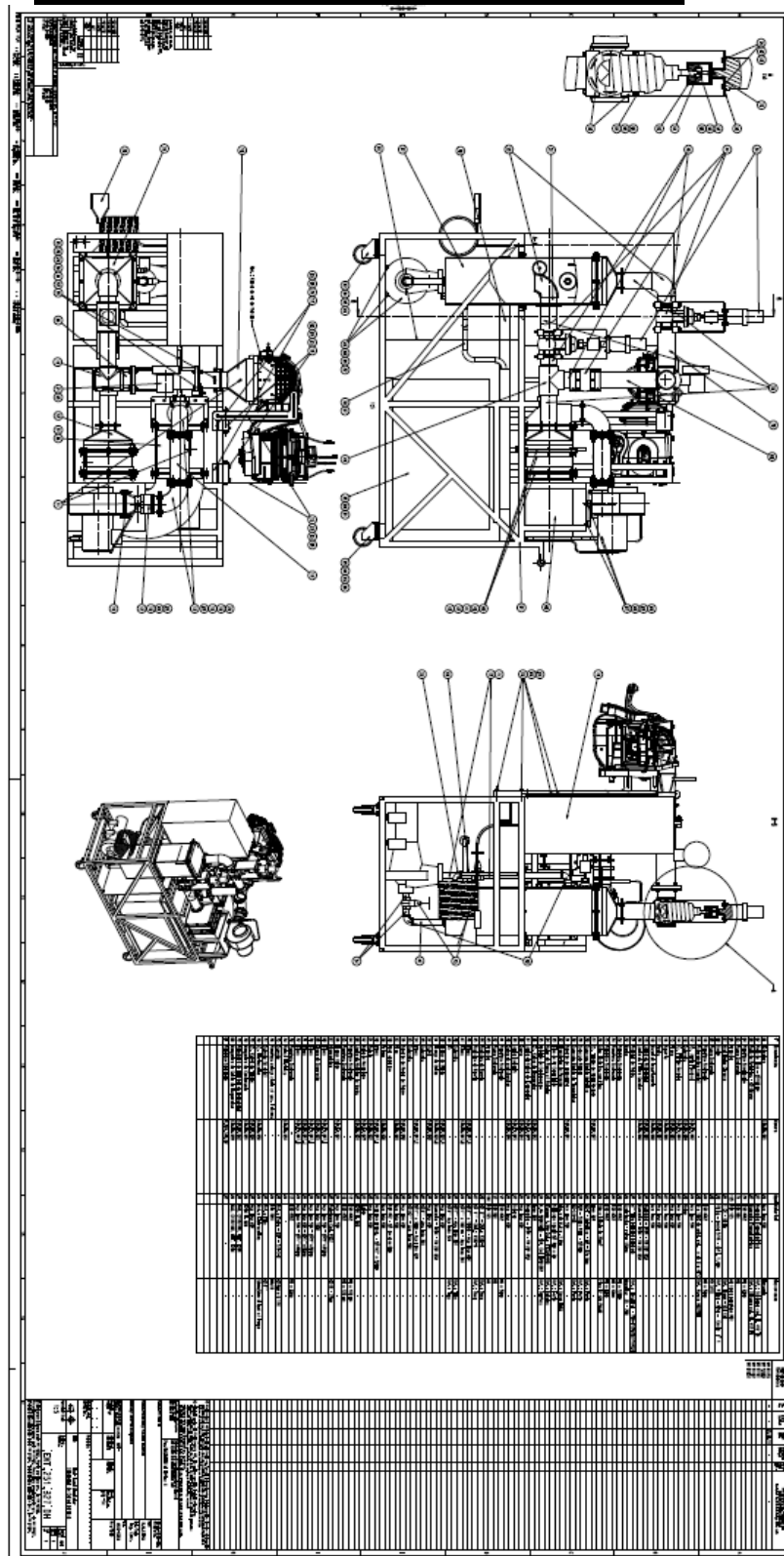
Na série PMD oferecemos os seguintes aparelhos: **Monitor de potência efetiva**

**PMD s10:** Com base na potência efetiva medida, restrinja as dimensões, como nível de enchimento, volume, torque ou ar comprimido.

**Monitor de isolamento PMD s20:** Monitore a resistência de isolamento de sistemas CA/CC não aterrados. Através da tensão de alimentação separada pode-se efetuar, ainda, o monitoramento do sistema desenergizado.



## APÊNDICE A – Módulo Evaporador



Nº	Denominação	Numero	Quant	Material	Observação
01	Estrutura	SIM.EV.001	01	Aço Inox 304	Escorado
02	Reduzido Fixo - Ø100 mm	-	02	Borracha Termoplástica	Ref.: Schiappa cod. FL 412 TB
03	Reduzido Rotativo - Ø100 mm	-	02	Borracha Termoplástica	Ref.: Schiappa cod. GL 412 TB
04	Parafuso Sextavado	-	24	ISO 4762	M6 x 20mm
05	Porca Sextavada	-	71	DIN 934	M6
06	Arruela	-	153	DIN 125	A6 (para parafuso M6)
07	Ventilador Círculo	-	01	1 CV - 60 Hz	Ref. Ibram - VSI 150
08	Coxim	-	08	70 kg - rosca 5/16 - defl. 1,4mm	Ref. Vibra - Stop - Coxim "W" 1
09	Porca Sextavada	-	08	-	M6 x 16
10	Parafuso Sextavado	-	04	ISO 4762	M6 x 30mm
11	Psicrometro (sonda)	-	03	0 a 100% de umid. rel. e de 0 a 40°C	Ref. Novus: N322RHT
12	Cj. Junta Flexível	SIM.EV.002	01	Aço Inox 304	-
13	Cotovelo	SIM.EV.003	08	Nylon	-
14	Cj. Filtro Secador	SIM.EV.004	02	Aço Inox 304	-
15	Pinça	SIM.EV.005	03	Aço Inox 304	-
16	SupORTE	SIM.EV.006	02	Aço Inox 304	-
17	Apelo	SIM.EV.007	02	Aço Inox 304	-
18	Bocal de Insuflamento	SIM.EV.008	01	Aço Inox 304	-
19	Junta do Ventilador	SIM.EV.009	01	Borracha - EPDM - VM 281 G50	-
20	Junta do Filtro Secador	SIM.EV.010	04	Borracha - EPDM - VM 281 G50	-
21	Medidor de Vazão	-	01	3" Tipo turbina para gás	Ref.: Incontrol - VTG-012A020211RAC00
22	Bomba	-	01	Centrípeto - rotor 150mm	Megabloc 25 - 200
23	Parafuso Sextavado	-	08	ISO 4762	M6 x 120mm
24	Parafuso Sextavado	-	04	ISO 4762	M6 x 40mm
25	Parafuso Sextavado	-	08	ISO 4762	M6 x 80mm
26	Cabo Elétrico com Plug	-	01	50m x bitola de 25mm²	Plug NP 40A PNA40
27	Cj. Tanque de Umidificação	SIM.EV.027	01	Inox 304	-
28	Conexão Rápida Metálica	-	04	QS-F - Metálica - N7 - 02= 6mm	Ref.: Festo
29	Conexão Rápida	-	01	QSM - Série Mini - Ø6mm	Ref.: Festo
30	Conexão Rápida do Transdutor	-	01	QS-1/4-6B	Ref.: Festo
31	Superfície do Transdutor	SIM.EV.011	01	Aço Inox 304	-
32	Transdutor de Pressão	-	01	Abs.: de 0,9 a 1 Bar	Ref.: Novus HUBA
33	Tubo de Ar Comprido	-	01	Silicone (azul) Ø 6mm x 2m	Ref.: Festo
34	Motor de Passo c/ Redutor	-	03	Torque: 1,5Nm Cod.: NTC5034348	Ref.: Kalatec
35	Unidade de Condensação	-	01	6,4A 380V/60Hz - 3kW. Cod. HD2012BV	Ref.: Danfoss
36	Cj. Caixa do Evaporador	SIM.EV.012	01	Inox 304	-
37	Junta da Caixa do Evaporador	SIM.EV.013	01	Borracha - EPDM - VM 281 G50	-
38	Curva	SIM.EV.014	01	Aço Inox 304	-
39	Junta Isolante	SIM.EV.015	02	Celcon	-
40	Caixa de resistências	SIM.EV.016	01	Aço Inox 304	-
41	Parafuso Sextavado	-	52	ISO 4762	M6 x 30mm
42	Porca Sextavada	-	52	DIN 934	M6
43	Arruela	-	104	DIN 125	A6
44	Registro de Gaveta	-	03	Ø 3" - COD.: 1502-B	Ref.: Deca
45	Registro de Gaveta	-	02	Ø 1" - COD.: 1502-B	Ref.: Deca
46	Tubos	SIM.EV.017.A	01	Ø 3" x 100mm - Aço Inox 304	-
47	Tubos	SIM.EV.017.B	01	Ø 1" x 100 mm - Aço Inox 304	-
48	Cotovelo	-	01	Ø 1" - Aço Inox 304	Ref.: Tupy
49	Te	-	01	Ø 3" Aço Inox 304	Ref.: Tupy
50	Flange de União	SIM.EV.029.A	03	Aço Inox 304	-
51	Flange de União	SIM.EV.029.B	01	Borracha - EPDM - VM 281 G50	-
52	Caixa	SIM.EV.028	01	Aço Inox 304	-
53	Cotovelo	-	02	Ø 3" - Aço Inox 304	-
54	Tubos	SIM.EV.017.C	02	Ø 1" x 50mm - Aço Inox 304	-
55	Cotovelo	-	01	Ø 1/2" - Aço Inox 304	-
56	Superfície do Motor de Passo	SIM.EV.018	03	Aço Inox 304	-
57	Plano	SIM.EV.019	03	Aço Inox 304	-
58	Anel elástico	-	03	DIN 472 - Ø do eixo 8mm	-
59	Prisma	SIM.EV.020	12	Aço Inox 304	-
60	Tubos	SIM.EV.017.H	03	Acrílico Transp. - Ø 1/2" x 300mm	-
61	Rotula	SIM.EV.022	03	Aço Inox 304	-
62	Guia do Mecanismo	SIM.EV.023	03	Latão	-
63	Junta do Medidor de Vazão	SIM.EV.024	02	EPDM TL 608	-
64	Parafuso Sextavado	-	12	ISO 4762	M6 x 160 mm
65	Parafuso Sextavado	-	16	ISO 4762	M6 x 120 mm
66	Flange União	SIM.EV.021	01	Aço Inox 304	-
67	Abracadela	-	02	Polytecno Cod. PSC7	Ø19 - 27mm
68	Tubos	SIM.EV.017.F	01	Aço Inox 304 - Ø 3" x 310mm	-
69	Chapa de Separação	SIM.EV.025	01	Aço Inox 1020	-
70	Tubos	SIM.EV.017.E	01	Aço Inox 304 - Ø 3" x 200mm	-
71	Tubos	SIM.EV.017.J	01	Aço Inox 304 - Ø 1" x 100mm	-
72	Tubos	SIM.EV.017.N	01	Aço Inox 304 - Ø 1" x 400mm	-
73	Parafuso Sextavado	-	12	ISO 4762	M6 x 20mm
74	Plano Elétrico	SIM.EV.034	01	-	-
75	Conexão	-	01	Ref.: Festo - QSF - 1/4-6-B	Ø6mm x G 1/4
76	Parafuso cabeça chata c/ sex. interno	-	01	DIN 7991	M4x10
77	Conexão (3 vias)	-	01	Ref.: Tupy	Ø 3"
78	Cj. Eletrocalha	SIM.EV.030	01	Ref.: Eletrocalhas	50mmx50mm (lisa) c/ Tampa
79	Cj. Caixa do Tanque	SIM.EV.026	01	Aço Inox 304	-
79	Mangueira de Condensado	SIM.EV.031	01	EPDM TL 680	-
79	Mangueira de Entrada do Evaporador	SIM.EV.032	01	PAG, C11R/11R, PET, EPDM	-
80	Mangueira de Saída do Evaporador	SIM.EV.033	01	PAG, C11R/11R, PET, EPDM	-
81	Parafuso Combinado	N.906.546.02	02	-	-



<p><b>A</b></p>		<p><b>B</b></p>		<p><b>C</b></p>		<p><b>D</b></p>		<p><b>E</b></p>		<p><b>F</b></p>		<p><b>G</b></p>		<p><b>H</b></p>		<p><b>I</b></p>		<p><b>J</b></p>		<p><b>K</b></p>		<p><b>L</b></p>		<p><b>M</b></p>		<p><b>N</b></p>		<p><b>O</b></p>		<p><b>P</b></p>		<p><b>Q</b></p>		<p><b>R</b></p>		<p><b>S</b></p>		<p><b>T</b></p>		<p><b>U</b></p>		<p><b>V</b></p>		<p><b>W</b></p>		<p><b>X</b></p>		<p><b>Y</b></p>		<p><b>Z</b></p>		<p><b>AA</b></p>		<p><b>AB</b></p>		<p><b>AC</b></p>		<p><b>AD</b></p>		<p><b>AE</b></p>		<p><b>AF</b></p>		<p><b>AG</b></p>		<p><b>AH</b></p>		<p><b>AI</b></p>		<p><b>AJ</b></p>		<p><b>AK</b></p>		<p><b>AL</b></p>		<p><b>AM</b></p>		<p><b>AN</b></p>		<p><b>AO</b></p>		<p><b>AP</b></p>		<p><b>AQ</b></p>		<p><b>AR</b></p>		<p><b>AS</b></p>		<p><b>AT</b></p>		<p><b>AU</b></p>		<p><b>AV</b></p>		<p><b>AW</b></p>		<p><b>AX</b></p>		<p><b>AY</b></p>		<p><b>AZ</b></p>		<p><b>BA</b></p>		<p><b>BB</b></p>		<p><b>BC</b></p>		<p><b>BD</b></p>		<p><b>BE</b></p>		<p><b>BF</b></p>		<p><b>BG</b></p>		<p><b>BH</b></p>		<p><b>BI</b></p>		<p><b>BJ</b></p>		<p><b>BK</b></p>		<p><b>BL</b></p>		<p><b>BM</b></p>		<p><b>BN</b></p>		<p><b>BO</b></p>		<p><b>BP</b></p>		<p><b>BQ</b></p>		<p><b>BR</b></p>		<p><b>BS</b></p>		<p><b>BT</b></p>		<p><b>BU</b></p>		<p><b>BV</b></p>		<p><b>BW</b></p>		<p><b>BX</b></p>		<p><b>BY</b></p>		<p><b>BZ</b></p>		<p><b>CA</b></p>		<p><b>CB</b></p>		<p><b>CC</b></p>		<p><b>CD</b></p>		<p><b>CE</b></p>		<p><b>CF</b></p>		<p><b>CG</b></p>		<p><b>CH</b></p>		<p><b>CI</b></p>		<p><b>CJ</b></p>		<p><b>CK</b></p>		<p><b>CL</b></p>		<p><b>CM</b></p>		<p><b>CN</b></p>		<p><b>CO</b></p>		<p><b>CP</b></p>		<p><b>CQ</b></p>		<p><b>CR</b></p>		<p><b>CS</b></p>		<p><b>CT</b></p>		<p><b>CU</b></p>		<p><b>CV</b></p>		<p><b>CW</b></p>		<p><b>CX</b></p>		<p><b>CY</b></p>		<p><b>CZ</b></p>		<p><b>DA</b></p>		<p><b>DB</b></p>		<p><b>DC</b></p>		<p><b>DD</b></p>		<p><b>DE</b></p>		<p><b>DF</b></p>		<p><b>DG</b></p>		<p><b>DH</b></p>		<p><b>DI</b></p>		<p><b>DJ</b></p>		<p><b>DK</b></p>		<p><b>DL</b></p>		<p><b>DM</b></p>		<p><b>DN</b></p>		<p><b>DO</b></p>		<p><b>DP</b></p>		<p><b>DQ</b></p>		<p><b>DR</b></p>		<p><b>DS</b></p>		<p><b>DT</b></p>		<p><b>DU</b></p>		<p><b>DV</b></p>		<p><b>DW</b></p>		<p><b>DX</b></p>		<p><b>DY</b></p>		<p><b>DZ</b></p>		<p><b>EA</b></p>		<p><b>EB</b></p>		<p><b>EC</b></p>		<p><b>ED</b></p>		<p><b>EE</b></p>		<p><b>EF</b></p>		<p><b>EG</b></p>		<p><b>EH</b></p>		<p><b>EI</b></p>		<p><b>EJ</b></p>		<p><b>EK</b></p>		<p><b>EL</b></p>		<p><b>EM</b></p>		<p><b>EN</b></p>		<p><b>EO</b></p>		<p><b>EP</b></p>		<p><b>EQ</b></p>		<p><b>ER</b></p>		<p><b>ES</b></p>		<p><b>ET</b></p>		<p><b>EU</b></p>		<p><b>EV</b></p>		<p><b>EW</b></p>		<p><b>EX</b></p>		<p><b>EY</b></p>		<p><b>EZ</b></p>		<p><b>FA</b></p>		<p><b>FB</b></p>		<p><b>FC</b></p>		<p><b>FD</b></p>		<p><b>FE</b></p>		<p><b>FF</b></p>		<p><b>FG</b></p>		<p><b>FH</b></p>		<p><b>FI</b></p>		<p><b>FJ</b></p>		<p><b>FK</b></p>		<p><b>FL</b></p>		<p><b>FM</b></p>		<p><b>FN</b></p>		<p><b>FO</b></p>		<p><b>FP</b></p>		<p><b>FQ</b></p>		<p><b>FR</b></p>		<p><b>FS</b></p>		<p><b>FT</b></p>		<p><b>FU</b></p>		<p><b>FV</b></p>		<p><b>FW</b></p>		<p><b>FX</b></p>		<p><b>FY</b></p>		<p><b>FZ</b></p>		<p><b>GA</b></p>		<p><b>GB</b></p>		<p><b>GC</b></p>		<p><b>GD</b></p>		<p><b>GE</b></p>		<p><b>GF</b></p>		<p><b>GG</b></p>		<p><b>GH</b></p>		<p><b>GI</b></p>		<p><b>GJ</b></p>		<p><b>GK</b></p>		<p><b>GL</b></p>		<p><b>GM</b></p>		<p><b>GN</b></p>		<p><b>GO</b></p>		<p><b>GP</b></p>		<p><b>GQ</b></p>		<p><b>GR</b></p>		<p><b>GS</b></p>		<p><b>GT</b></p>		<p><b>GU</b></p>		<p><b>GV</b></p>		<p><b>GW</b></p>		<p><b>GX</b></p>		<p><b>GY</b></p>		<p><b>GZ</b></p>		<p><b>HA</b></p>		<p><b>HB</b></p>		<p><b>HC</b></p>		<p><b>HD</b></p>		<p><b>HE</b></p>		<p><b>HF</b></p>		<p><b>HG</b></p>		<p><b>HH</b></p>		<p><b>HI</b></p>		<p><b>HJ</b></p>		<p><b>HK</b></p>		<p><b>HL</b></p>		<p><b>HM</b></p>		<p><b>HN</b></p>		<p><b>HO</b></p>		<p><b>HP</b></p>		<p><b>HQ</b></p>		<p><b>HR</b></p>		<p><b>HS</b></p>		<p><b>HT</b></p>		<p><b>HU</b></p>		<p><b>HV</b></p>		<p><b>HW</b></p>		<p><b>HX</b></p>		<p><b>HY</b></p>		<p><b>HZ</b></p>		<p><b>IA</b></p>		<p><b>IB</b></p>		<p><b>IC</b></p>		<p><b>ID</b></p>		<p><b>IE</b></p>		<p><b>IF</b></p>		<p><b>IG</b></p>		<p><b>IH</b></p>		<p><b>II</b></p>		<p><b>IJ</b></p>		<p><b>IK</b></p>		<p><b>IL</b></p>		<p><b>IM</b></p>		<p><b>IN</b></p>		<p><b>IO</b></p>		<p><b>IP</b></p>		<p><b>IQ</b></p>		<p><b>IR</b></p>		<p><b>IS</b></p>		<p><b>IT</b></p>		<p><b>IU</b></p>		<p><b>IV</b></p>		<p><b>IW</b></p>		<p><b>IX</b></p>		<p><b>IY</b></p>		<p><b>IZ</b></p>		<p><b>JA</b></p>		<p><b>JB</b></p>		<p><b>JC</b></p>		<p><b>JD</b></p>		<p><b>JE</b></p>		<p><b>JF</b></p>		<p><b>JG</b></p>		<p><b>JH</b></p>		<p><b>JI</b></p>		<p><b>IJ</b></p>		<p><b>JK</b></p>		<p><b>IL</b></p>		<p><b>JM</b></p>		<p><b>IN</b></p>		<p><b>JO</b></p>		<p><b>JP</b></p>		<p><b>JK</b></p>		<p><b>KL</b></p>		<p><b>KM</b></p>		<p><b>KN</b></p>		<p><b>KO</b></p>		<p><b>KP</b></p>		<p><b>KQ</b></p>		<p><b>KR</b></p>		<p><b>KS</b></p>		<p><b>KT</b></p>		<p><b>KU</b></p>		<p><b>KV</b></p>		<p><b>KW</b></p>		<p><b>KX</b></p>		<p><b>KY</b></p>		<p><b>KZ</b></p>		<p><b>LA</b></p>		<p><b>LB</b></p>		<p><b>LC</b></p>		<p><b>LD</b></p>		<p><b>LE</b></p>		<p><b>LF</b></p>		<p><b>LG</b></p>		<p><b>LH</b></p>		<p><b>LI</b></p>		<p><b>LJ</b></p>		<p><b>LK</b></p>		<p><b>LL</b></p>		<p><b>LM</b></p>		<p><b>LN</b></p>		<p><b>LO</b></p>		<p><b>LP</b></p>		<p><b>LQ</b></p>		<p><b>LR</b></p>		<p><b>LS</b></p>		<p><b>LT</b></p>		<p><b>LU</b></p>		<p><b>LV</b></p>		<p><b>LW</b></p>		<p><b>LX</b></p>		<p><b>LY</b></p>		<p><b>LZ</b></p>		<p><b>MA</b></p>		<p><b>MB</b></p>		<p><b>MC</b></p>		<p><b>MD</b></p>		<p><b>ME</b></p>		<p><b>MF</b></p>		<p><b>MG</b></p>		<p><b>MH</b></p>		<p><b>MI</b></p>		<p><b>MJ</b></p>		<p><b>MK</b></p>		<p><b>ML</b></p>		<p><b>MM</b></p>		<p><b>MN</b></p>		<p><b>MO</b></p>		<p><b>MP</b></p>		<p><b>MQ</b></p>		<p><b>MR</b></p>		<p><b>MS</b></p>		<p><b>MT</b></p>		<p><b>MU</b></p>		<p><b>MV</b></p>		<p><b>MW</b></p>		<p><b>MX</b></p>		<p><b>MY</b></p>		<p><b>MZ</b></p>		<p><b>NA</b></p>		<p><b>NB</b></p>		<p><b>NC</b></p>		<p><b>ND</b></p>		<p><b>NE</b></p>		<p><b>NF</b></p>		<p><b>NG</b></p>		<p><b>NH</b></p>		<p><b>NI</b></p>		<p><b>NJ</b></p>		<p><b>NK</b></p>		<p><b>NL</b></p>		<p><b>NM</b></p>		<p><b>NN</b></p>		<p><b>NO</b></p>		<p><b>NP</b></p>		<p><b>NQ</b></p>		<p><b>NR</b></p>		<p><b>NS</b></p>		<p><b>NT</b></p>		<p><b>NU</b></p>		<p><b>NV</b></p>		<p><b>NW</b></p>		<p><b>NX</b></p>		<p><b>NY</b></p>		<p><b>NZ</b></p>		<p><b>OA</b></p>		<p><b>OB</b></p>		<p><b>OC</b></p>		<p><b>OD</b></p>		<p><b>OE</b></p>		<p><b>OF</b></p>		<p><b>OG</b></p>		<p><b>OH</b></p>		<p><b>OI</b></p>		<p><b>OJ</b></p>		<p><b>OK</b></p>		<p><b>OL</b></p>		<p><b>OM</b></p>		<p><b>ON</b></p>		<p><b>OO</b></p>		<p><b>OP</b></p>		<p><b>OQ</b></p>		<p><b>OR</b></p>		<p><b>OS</b></p>		<p><b>OT</b></p>		<p><b>OU</b></p>		<p><b>OV</b></p>		<p><b>OW</b></p>		<p><b>OX</b></p>		<p><b>OY</b></p>		<p><b>OZ</b></p>		<p><b>PA</b></p>		<p><b>PB</b></p>		<p><b>PC</b></p>		<p><b>PD</b></p>		<p><b>PE</b></p>		<p><b>PF</b></p>		<p><b>PG</b></p>		<p><b>PH</b></p>		<p><b>PI</b></p>		<p><b>PJ</b></p>		<p><b>PK</b></p>		<p><b>PL</b></p>		<p><b>PM</b></p>		<p><b>PN</b></p>		<p><b>PO</b></p>		<p><b>PP</b></p>		<p><b>PQ</b></p>		<p><b>PR</b></p>		<p><b>PS</b></p>		<p><b>PT</b></p>		<p><b>PU</b></p>		<p><b>PV</b></p>		<p><b>PW</b></p>		<p><b>PX</b></p>		<p><b>PY</b></p>		<p><b>PZ</b></p>		<p><b>QA</b></p>		<p><b>QB</b></p>		<p><b>QC</b></p>		<p><b>QD</b></p>		<p><b>QE</b></p>		<p><b>QF</b></p>		<p><b>QG</b></p>		<p><b>QH</b></p>		<p><b>QI</b></p>		<p><b>QJ</b></p>		<p><b>QK</b></p>		<p><b>QL</b></p>		<p><b>QM</b></p>		<p><b>QN</b></p>		<p><b>QO</b></p>		<p><b>QP</b></p>		<p><b>QQ</b></p>		<p><b>QR</b></p>		<p><b>QS</b></p>		<p><b>QT</b></p>		<p><b>QU</b></p>		<p><b>QV</b></p>		<p><b>QW</b></p>		<p><b>QX</b></p>		<p><b>QY</b></p>		<p><b>QZ</b></p>		<p><b>RA</b></p>		<p><b>RB</b></p>		<p><b>RC</b></p>		<p><b>RD</b></p>		<p><b>RE</b></p>		<p><b>RF</b></p>		<p><b>RG</b></p>		<p><b>RH</b></p>		<p><b>RI</b></p>		<p><b>RJ</b></p>		<p><b>RK</b></p>		<p><b>RL</b></p>		<p><b>RM</b></p>		<p><b>RN</b></p>		<p><b>RO</b></p>		<p><b>RP</b></p>		<p><b>RQ</b></p>		<p><b>RR</b></p>		<p><b>RS</b></p>		<p><b>RT</b></p>		<p><b>RU</b></p>		<p><b>RV</b></p>		<p><b>RW</b></p>		<p><b>RX</b></p>		<p><b>RY</b></p>		<p><b>RZ</b></p>		<p><b>SA</b></p>		<p><b>SB</b></p>		<p><b>SC</b></p>		<p><b>SD</b></p>		<p><b>SE</b></p>		<p><b>SF</b></p>		<p><b>SG</b></p>		<p><b>SH</b></p>		<p><b>SI</b></p>		<p><b>SJ</b></p>		<p><b>SK</b></p>		<p><b>SL</b></p>		<p><b>SM</b></p>		<p><b>SN</b></p>		<p><b>SO</b></p>		<p><b>SP</b></p>		<p><b>SQ</b></p>		<p><b>SR</b></p>		<p><b>SS</b></p>		<p><b>ST</b></p>		<p><b>SU</b></p>		<p><b>SV</b></p>		<p><b>SW</b></p>		<p><b>SX</b></p>		<p><b>SY</b></p>		<p><b>SZ</b></p>		<p><b>TA</b></p>		<p><b>TB</b></p>		<p><b>TC</b></p>		<p><b>TD</b></p>		<p><b>TE</b></p>		<p><b>TF</b></p>		<p><b>TG</b></p>		<p><b>TH</b></p>		<p><b>TI</b></p>		<p><b>TJ</b></p>		<p><b>TK</b></p>		<p><b>TL</b></p>		<p><b>TM</b></p>		<p><b>TN</b></p>		<p><b>TO</b></p>		<p><b>TP</b></p>		<p><b>TQ</b></p>		<p><b>TR</b></p>		<p><b>TS</b></p>		<p><b>TT</b></p>		<p><b>TU</b></p>		<p><btv< b=""></btv<></p>		<p><b>TW</b></p>		<p><b>TX</b></p>		<p><b>TY</b></p>		<p><b>TZ</b></p>		<p><b>UA</b></p>		<p><b>UB</b></p>		<p><b>UC</b></p>		<p><b>UD</b></p>		<p><b>UE</b></p>		<p><b>UF</b></p>		<p><b>UG</b></p>		<p><b>UH</b></p>		<p><b>UI</b></p>		<p><b>UJ</b></p>		<p><b>UK</b></p>		<p><b>UL</b></p>		<p><b>UM</b></p>		<p><b>UN</b></p>		<p><b>UO</b></p>		<p><b>UP</b></p>		<p><b>UQ</b></p>		<p><b>UR</b></p>		<p><b>US</b></p>		<p><b>UT</b></p>		<p><b>UU</b></p>		<p><b>UV</b></p>		<p><b>UW</b></p>		<p><b>UX</b></p>		<p><b>UY</b></p>		<p><b>UZ</b></p>		<p><b>VA</b></p>		<p><b>VB</b></p>		<p><b>VC</b></p>		<p><b>VD</b></p>		<p><b>VE</b></p>		<p><b>VF</b></p>		<p><b>VG</b></p>		<p><b>VH</b></p>		<p><b>VI</b></p>		<p><b>VJ</b></p>		<p><b>VK</b></p>		<p><b>VL</b></p>		<p><b>VM</b></p>		<p><b>VN</b></p>		<p><b>VO</b></p>		<p><b>VP</b></p>		<p><b>VQ</b></p>		<p><b>VR</b></p>		<p><b>VS</b></p>		<p><b>VT</b></p>		<p><b>VU</b></p>		<p><b>VV</b></p>		<p><b>VW</b></p>		<p><b>VX</b></p>		<p><b>VY</b></p>		<p><b>VZ</b></p>		<p><b>WA</b></p>		<p><b>WB</b></p>		<p><b>WC</b></p>		<p><b>WD</b></p>		<p><b>WE</b></p>		<p><b>WF</b></p>		<p><b>WG</b></p>		<p><b>WH</b></p>		<p><b>WI</b></p>		<p><b>WJ</b></p>		<p></p>	
-----------------	--	-----------------	--	-----------------	--	-----------------	--	-----------------	--	-----------------	--	-----------------	--	-----------------	--	-----------------	--	-----------------	--	-----------------	--	-----------------	--	-----------------	--	-----------------	--	-----------------	--	-----------------	--	-----------------	--	-----------------	--	-----------------	--	-----------------	--	-----------------	--	-----------------	--	-----------------	--	-----------------	--	-----------------	--	-----------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	---------------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	------------------	--	---------	--

[illegible]



[illegible]





[illegible]



[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

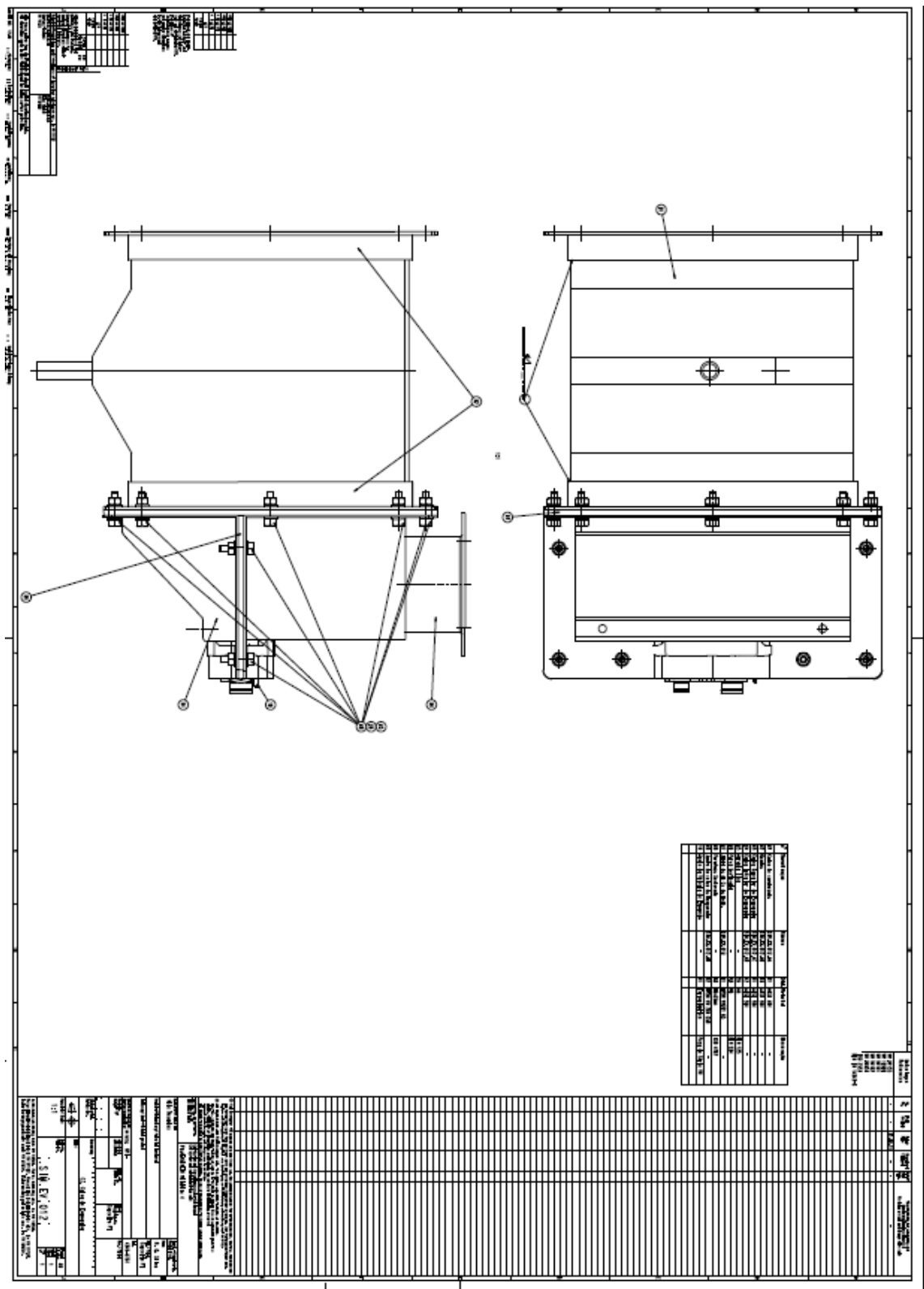
Technical drawing of a lamp with three views: front, side, and top. The front view shows a lamp with a height of 150mm, a base diameter of 70mm, and a top diameter of 150mm. The side view shows a lamp with a height of 150mm, a base diameter of 70mm, and a top diameter of 150mm. The top view shows a lamp with a base diameter of 70mm, a top diameter of 150mm, and a height of 150mm. The drawing includes dimensions and a scale of 1:2.



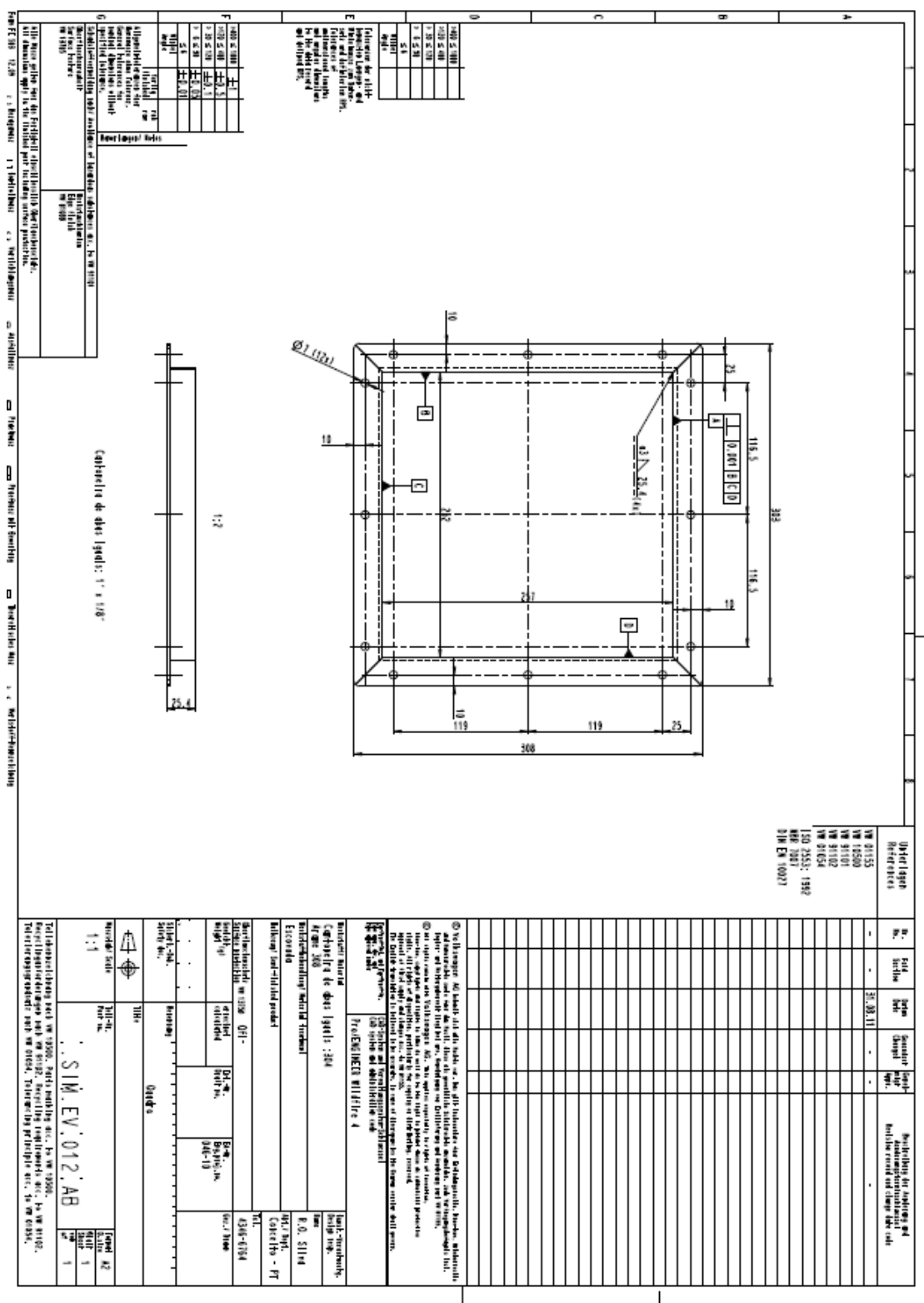
[illegible]

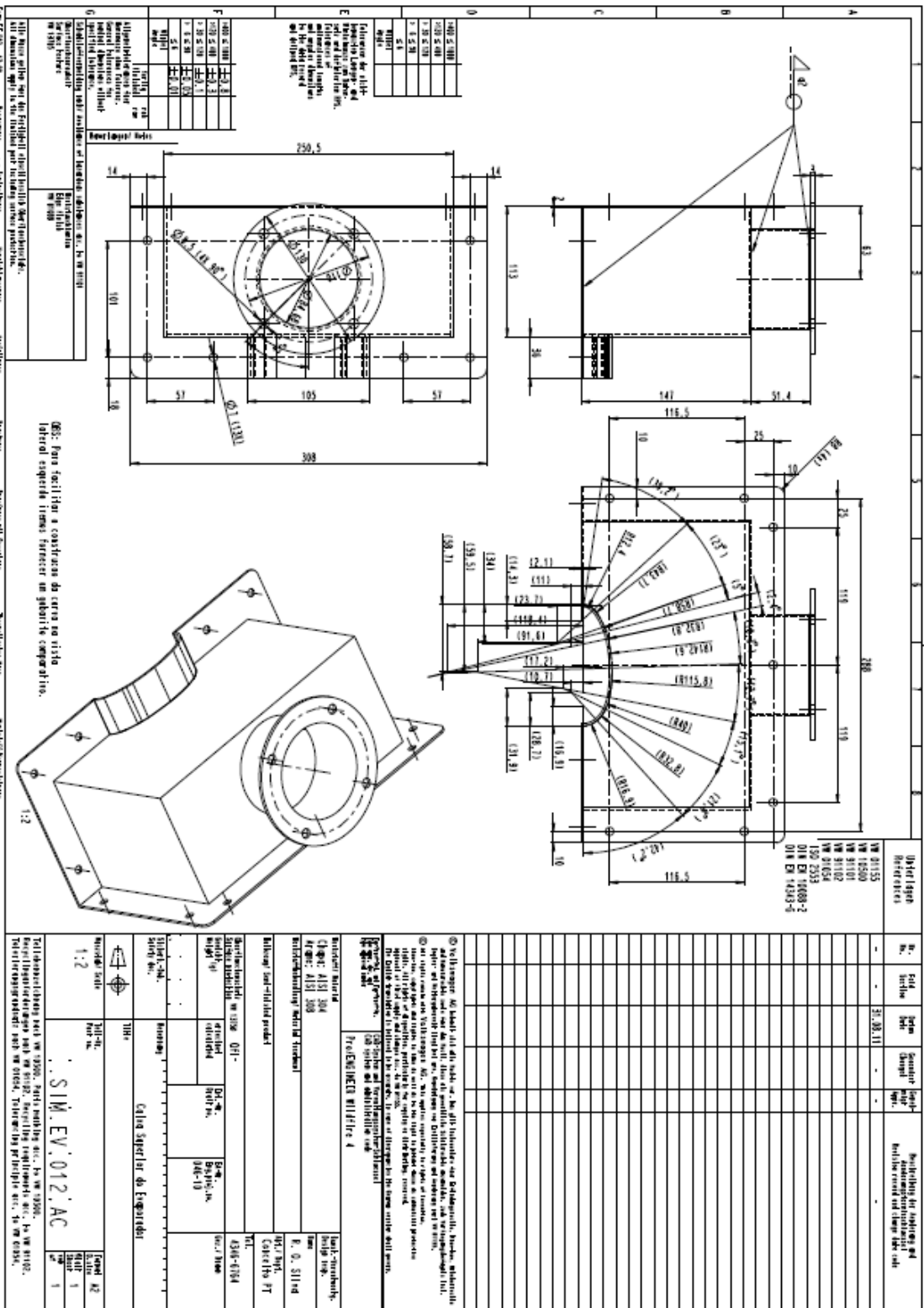
1.2 		1.2 	
1.2 		1.2 	
1.2 		1.2 	
1.2 		1.2 	
1.2 		1.2 	
1.2 		1.2 	
1.2 		1.2 	
1.2 		1.2 	
1.2 		1.2 	
1.2 		1.2 	
1.2 		1.2 	
1.2 		1.2 	
1.2 		1.2 	
1.2 		1.2 	
1.2 		1.2 	
1.2 			









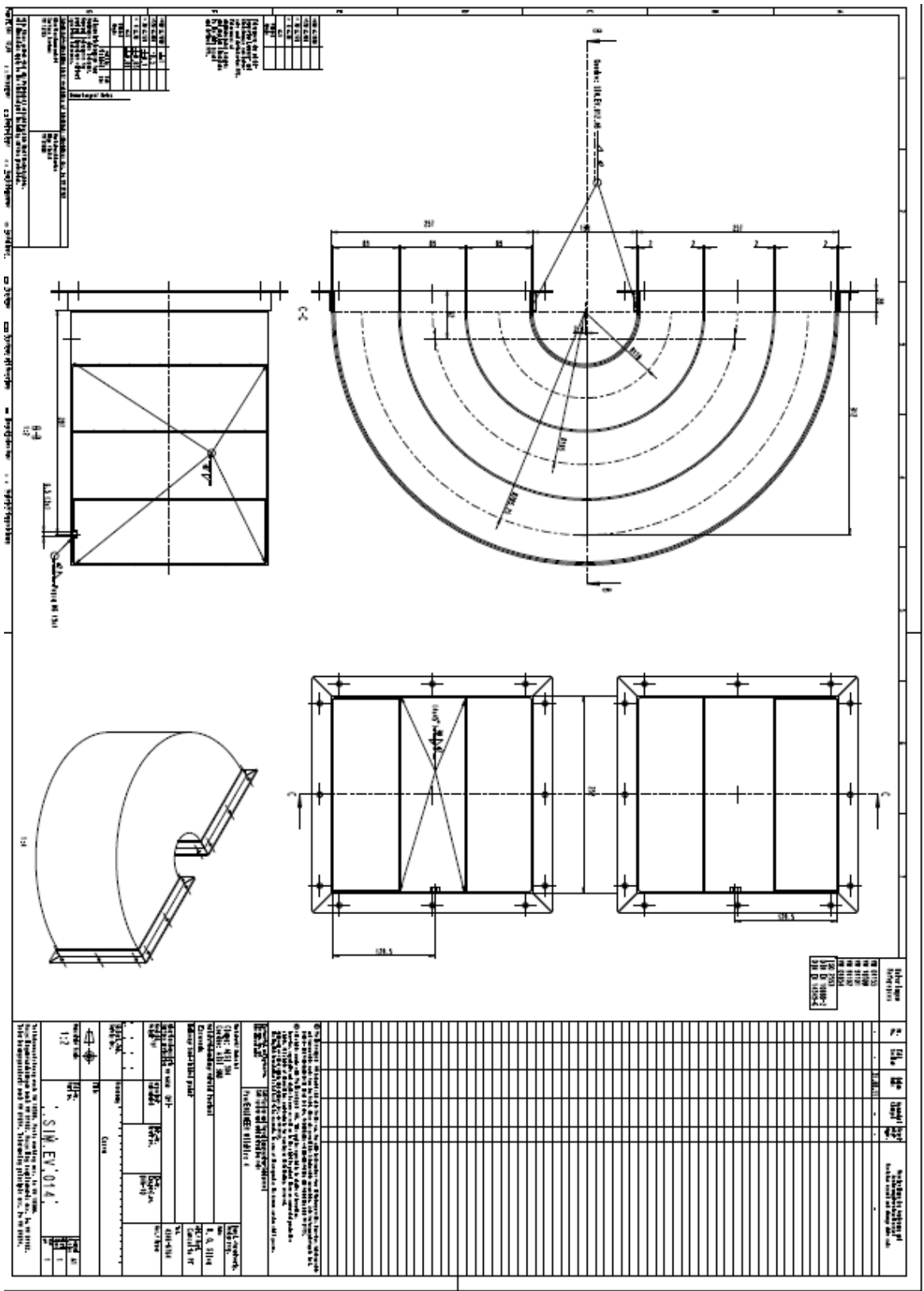






[illegible]





[illegible]

[illegible]

**Tolerances for aluminium extrusions** - and dimensions in mm -  
Tolerances of extruded lengths and angles dimensions to the data record and standard 825.

Allegato	Allegato	Allegato
2400 ≤ 1000	±1	
1000 ≤ 400	±0.5	
400 ≤ 200	±0.1	
200 ≤ 100	±0.05	
100 ≤ 50	±0.01	

**Dimensioni**  
Tolleranze  
Allegato

**Tollerances for aluminium extrusions** - and dimensions in mm -  
Tolerances of extruded lengths and angles dimensions to the data record and standard 825.

**Dimensioni**  
Tolleranze  
Allegato

**Tollerances for aluminium extrusions** - and dimensions in mm -  
Tolerances of extruded lengths and angles dimensions to the data record and standard 825.

**Dimensioni**  
Tolleranze  
Allegato

**Tollerances for aluminium extrusions** - and dimensions in mm -  
Tolerances of extruded lengths and angles dimensions to the data record and standard 825.

**Tollerances for aluminium extrusions** - and dimensions in mm -  
Tolerances of extruded lengths and angles dimensions to the data record and standard 825.

Allegato	Allegato	Allegato
2400 ≤ 1000	±1	
1000 ≤ 400	±0.5	
400 ≤ 200	±0.1	
200 ≤ 100	±0.05	
100 ≤ 50	±0.01	

**Dimensioni**  
Tolleranze  
Allegato

**Tollerances for aluminium extrusions** - and dimensions in mm -  
Tolerances of extruded lengths and angles dimensions to the data record and standard 825.

**Dimensioni**  
Tolleranze  
Allegato

**Tollerances for aluminium extrusions** - and dimensions in mm -  
Tolerances of extruded lengths and angles dimensions to the data record and standard 825.

**Dimensioni**  
Tolleranze  
Allegato

**Tollerances for aluminium extrusions** - and dimensions in mm -  
Tolerances of extruded lengths and angles dimensions to the data record and standard 825.

**Tollerances for aluminium extrusions** - and dimensions in mm -  
Tolerances of extruded lengths and angles dimensions to the data record and standard 825.

Allegato	Allegato	Allegato
2400 ≤ 1000	±1	
1000 ≤ 400	±0.5	
400 ≤ 200	±0.1	
200 ≤ 100	±0.05	
100 ≤ 50	±0.01	

**Dimensioni**  
Tolleranze  
Allegato

**Tollerances for aluminium extrusions** - and dimensions in mm -  
Tolerances of extruded lengths and angles dimensions to the data record and standard 825.

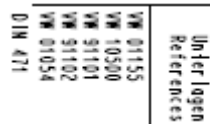
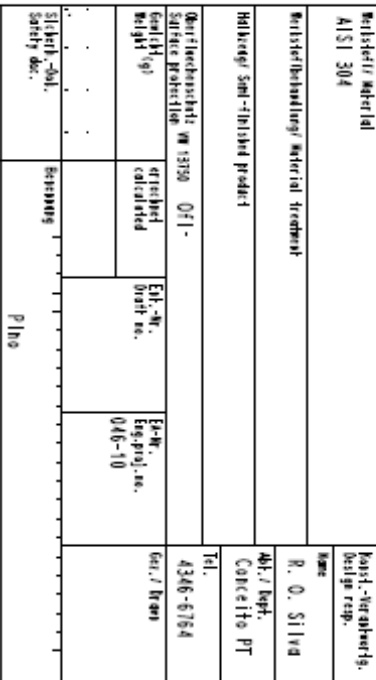
**Dimensioni**  
Tolleranze  
Allegato

**Tollerances for aluminium extrusions** - and dimensions in mm -  
Tolerances of extruded lengths and angles dimensions to the data record and standard 825.


**Dimensioni**  
Tolleranze  
Allegato

**Tollerances for aluminium extrusions** - and dimensions in mm -  
Tolerances of extruded lengths and angles dimensions to the data record and standard 825.

[illegible]

[illegible][illegible]

Surface protection on 15/50 UUT		4.5x0.07x0.4	
Coat (H)	dry weight calculated	Exp.-nr.	Exp.-proj. no.
Weight (g)			040-10
Steel-304, 100% zinc	0.000000		

Title			Material: Steel 2 - 4
Tail-No. Part No.	Format: A3 0,11x		

2.1	SIM.EV.019	Plant	↑
		Sheet	↑

Recyclinganforderungen nach VW 91102-Recycling requirements acc. to VW 91102-  
Toleranzgrundsatz nach VW 01054, Tolerancing principle acc. to VW 01054.



221

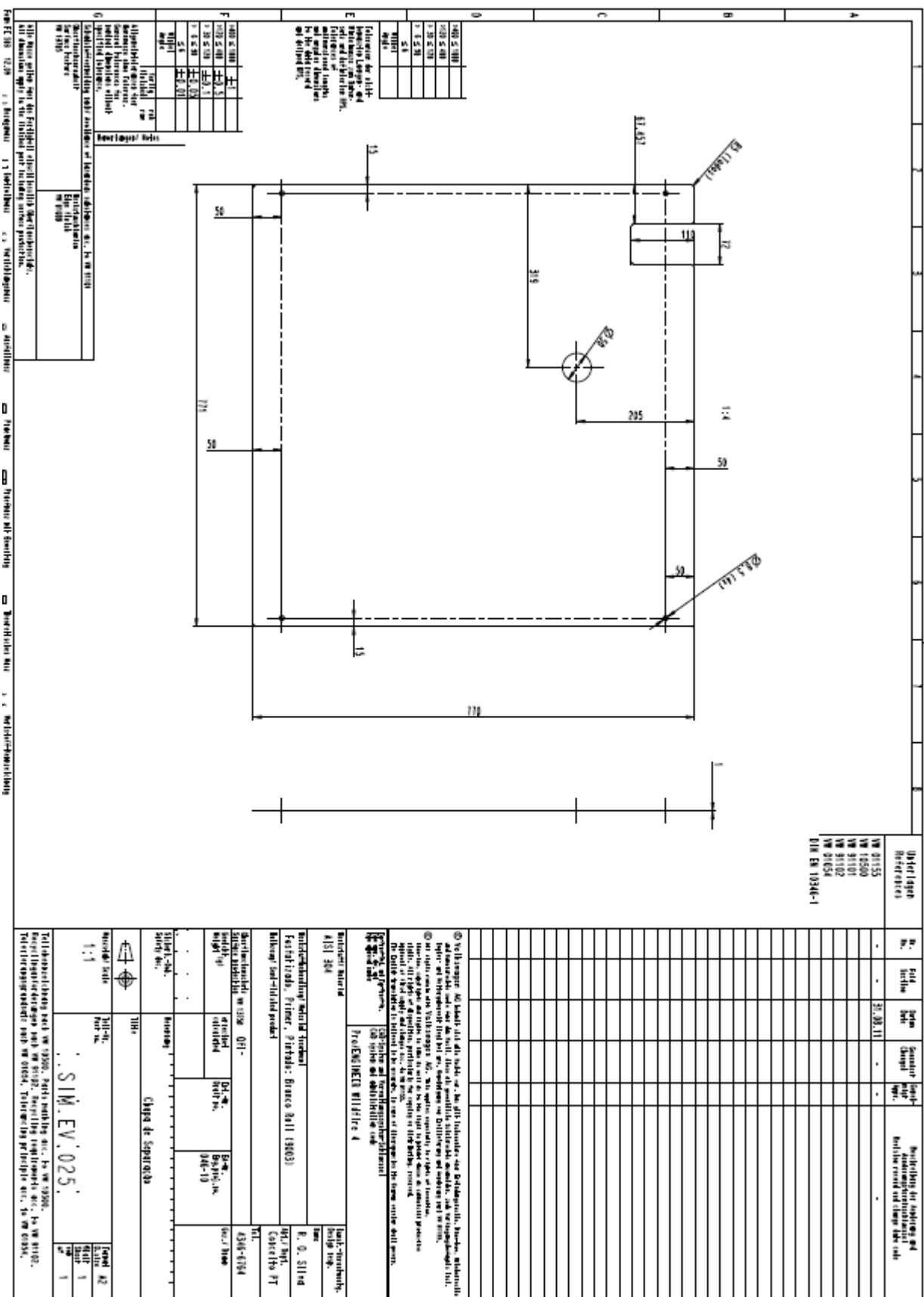
[illegible]

[illegible]



[illegible]

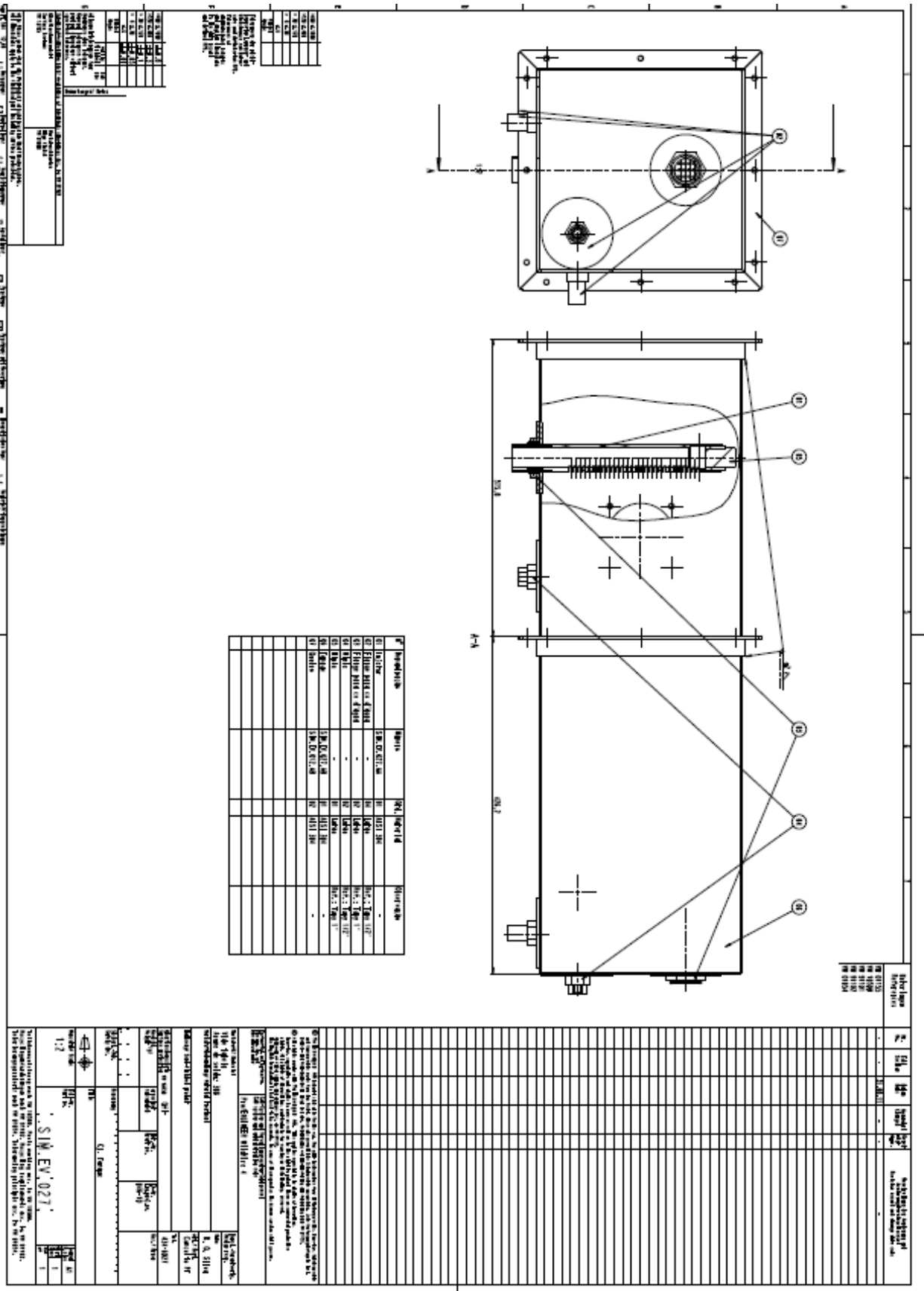
[illegible]



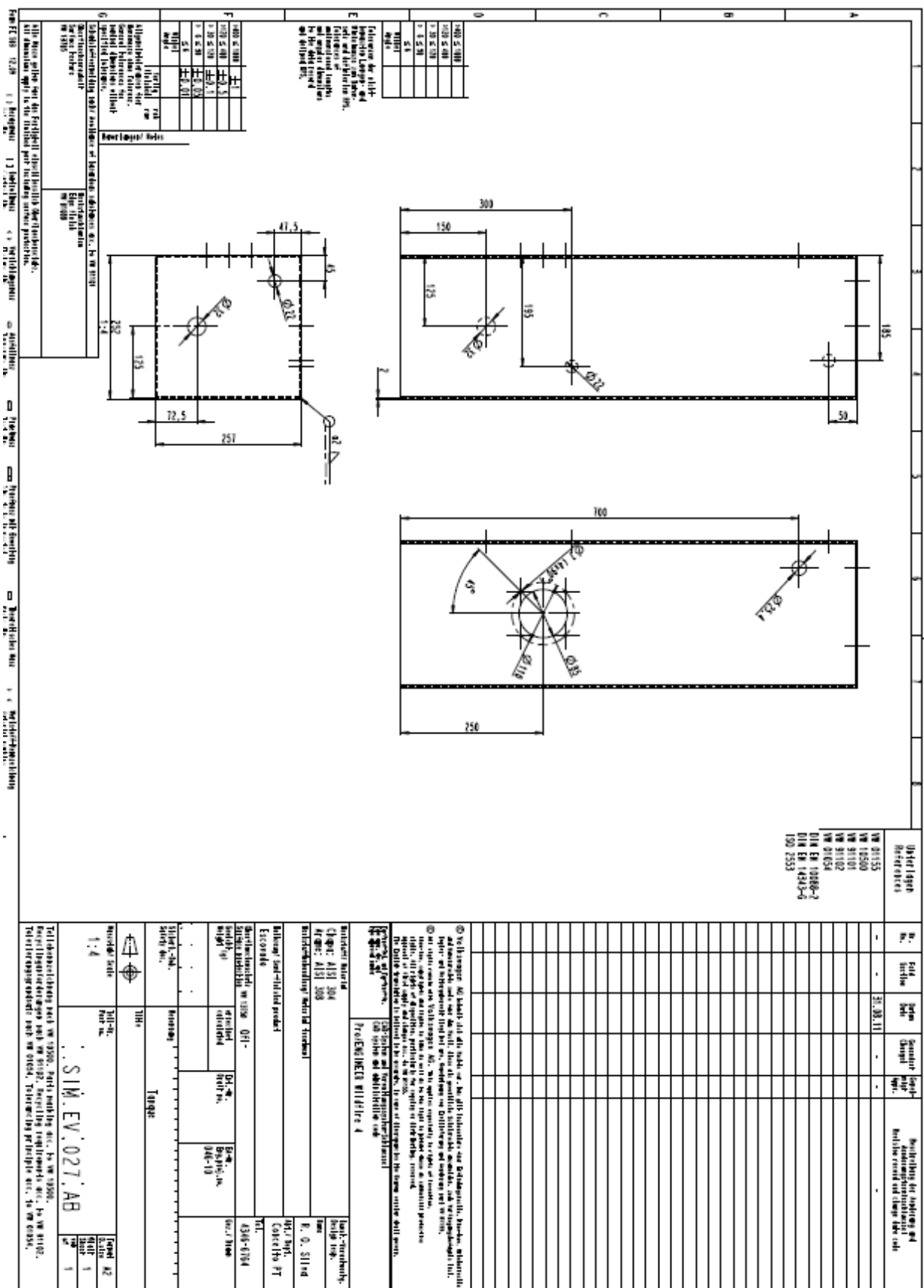
A				B				C				D				E				F				G				H				I				J				K				L				M				N				O				P				Q				R				S				T				U				V				W				X				Y				Z				AA				AB				AC				AD				AE				AF				AG				AH				AI				AJ				AK				AL				AM				AN				AO				AP				AQ				AR				AS				AT				AU				AV				AW				AX				AY				AZ				BA				BB				BC				BD				BE				BF				BG				BH				BI				BJ				BK				BL				BM				BN				BO				BP				BQ				BR				BS				BT				BU				BV				BW				BX				BY				BZ				CA				CB				CC				CD				CE				CF				CG				CH				CI				CJ				CK				CL				CM				CN				CO				CP				CQ				CR				CS				CT				CU				CV				CW				CX				CY				CZ				DA				DB				DC				DD				DE				DF				DG				DH				DI				DJ				DK				DL				DM				DN				DO				DP				DQ				DR				DS				DT				DU				DV				DW				DX				DY				DZ				EA				EB				EC				ED				EE				EF				EG				EH				EI				EJ				EK				EL				EM				EN				EO				EP				EQ				ER				ES				ET				EU				EV				EW				EX				EY				EZ				FA				FB				FC				FD				FE				FF				FG				FH				FI				FJ				FK				FL				FM				FN				FO				FP				FQ				FR				FS				FT				FU				FV				FW				FX				FY				FZ				GA				GB				GC				GD				GE				GF				GG				GH				GI				GJ				GK				GL				GM				GN				GO				GP				GQ				GR				GS				GT				GU				GV				GW				GX				GY				GZ				HA				HB				HC				HD				HE				HF				HG				HH				HI				HJ				HK				HL				HM				HN				HO				HP				HQ				HR				HS				HT				HU				HV				HW				HX				HY				HZ				IA				IB				IC				ID				IE				IF				IG				IH				II				IJ				IK				IL				IM				IN				IO				IP				IQ				IR				IS				IT				IU				IV				IW				IX				IY				IZ				JA				JB				JC				JD				JE				JF				JG				JH				JI				JJ				JK				JL				JM				JN				JO				JP				JQ				JR				JS				JT				JU				JV				JW				JX				JY				JZ				KA				KB				KC				KD				KE				KF				KG				KH				KI				KJ				KK				KL				KM				KN				KO				KP				KQ				KR				KS				KT				KU				KV				KW				KX				KY				KZ				LA				LB				LC				LD				LE				LF				LG				LH				LI				LJ				LK				LL				LM				LN				LO				LP				LQ				LR				LS				LT				LU				LV				LW				LX				LY				LZ				MA				MB				MC				MD				ME				MF				MG				MH				MI				MJ				MK				ML				MM				MN				MO				MP				MQ				MR				MS				MT				MU				MV				MW				MX				MY				MZ				NA				NB				NC				ND				NE				NF				NG				NH				NI				NJ				NK				NL				NM				NN				NO				NP				NQ				NR				NS				NT				NU				NV				NW				NX				NY				NZ				OA				OB				OC				OD				OE				OF				OG				OH				OI				OJ				OK				OL				OM				ON				OO				OP				OQ				OR				OS				OT				OU				OV				OW				OX				OY				OZ				PA				PB				PC				PD				PE				PF				PG				PH				PI				PJ				PK				PL				PM				PN				PO				PP				PQ				PR				PS				PT				PU				PV				PW				PX				PY				PZ				QA				QB				QC				QD				QE				QF				QG				QH				QI				QJ				QK				QL				QM				QN				QO				QP				QQ				QR				QS				QT				QU				QV				QW				QX				QY				QZ				RA				RB				RC				RD				RE				RF				RG				RH				RI				RJ				RK				RL				RM				RN				RO				RP				RQ				RR				RS				RT				RU				RV				RW				RX				RY				RZ				SA				SB				SC				SD				SE				SF				SG				SH				SI				SJ				SK				SL				SM				SN				SO				SP				SQ				SR				SS				ST				SU				SV				SW				SX				SY				SZ				TA				TB				TC				TD				TE				TF				TG				TH				TI				TJ				TK				TL				TM				TN				TO				TP				TQ				TR				TS				TT				TU				TV				TW				TX				TY				TZ				UA				UB				UC				UD				UE				UF				UG				UH				UI				UJ				UK				UL				UM				UN				UO				UP				UQ				UR				US				UT				UU				UV				UW				UX				UY				UZ				VA				VB				VC				VD				VE				VF				VG				VH				VI				VJ				VK				VL				VM				VN				VO				VP				VQ				VR				VS				VT				VU				VV				VW				VX				VY				VZ				WA				WB				WC				WD				WE				WF				WG				WH				WI				WJ				WK				WL				WM				WN				WO				WP				WQ				WR				WS				WT				WU				WV				WW				WX				WY				WZ				XA				XB				XC				XD				XE				XF				XG				XH				XI				XJ				XK				XL				XM				XN				XO				XP				XQ				XR				XS				XT				XU				XV				XW				XX				XY				XZ				YA				YB				YC				YD				YE				YF				YG				YH				YI				YJ				YK				YL				YM				YN				YO				YP				YQ				YR				YS				YT				YU				YV				YW				YX				YY				YZ				ZA				ZB				ZC				ZD				ZE				ZF				ZG				ZH				ZI				ZJ				ZK				ZL				ZM				ZN				ZO				ZP				ZQ				ZR				ZS				ZT				ZU				ZV				ZW				ZX				ZY				ZZ			
01				02				03				04				05				06				07				08				09				10				11				12				13				14				15				16				17				18				19				20				21				22				23				24				25				26				27				28				29				30				31				32				33				34				35				36				37				38				39				40				41				42				43				44				45				46				47				48				49				50				51				52				53				54				55				56				57				58				59				60				61				62				63				64				65				66				67				68				69				70				71				72				73				74				75				76				77				78				79				80				81				82				83				84				85				86				87				88				89				90				91				92				93				94				95				96				97				98				99				100				101				102				103				104				105				106				107				108				109				110				111				112				113				114				115				116				117				118				119				120				121				122				123				124				125				126				127				128				129				130				131				132				133				134				135				136				137				138				139				140				141				142				143				144				145				146				147				148				149				150				151				152				153				154				155				156				157				158				159				160				161				162				163				164				165				166				167				168				169				170				171				172				173				174				175				176				177				178				179				180				181				182				183				184				185				186				187				188				189				190				191				192				193				194				195				196				197				198				199				200				201				202				203				204				205				206				207				208				209				210				211				212				213				214				215				216				217				218				219				220				221				222				223				224				225				226				227				228				229				230				231				232				233				234				235				236				237				238				239				240				241				242				243				244				245				246				247				248				249				250				251				252				253				254				255				256				257				258				259				260				261				262				263				264				265				266				267				268				269				270				271				272				273				274				275				276				277				278				279				280				281				282				283				284				285				286				287				288				289				290				291				292				293				294				295				296				297				298				299				300				301				302				303				304				305				306				307				308				309				310				311				312				313				314				315				316				317				318				319				320				321				322				323				324				325				326				327				328				329				330				331				332				333				334				335				336				337				338				339				340				341				342				343				344				345				346				347				348				349				350				351				352				353				354				355				356				357				358				359				360				361				362				363				364				365				366				367				368				369				370				371				372				373				374				375				376				377				378				379				380				381				382				383				384				385				386				387				388				389				390				391				392				393				394				395				396				397				398				399				400				401				402				403				404				405				406				407				408				409				410				411				412				413				414				415				416				417				418				419				420				421				422				423				424				425				426				427				428				429				430				431				432				433				434				435				436				437				438				439				440				441																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							



[illegible]



[illegible]



**A**

**B**

**C**

**D**

**E**

**F**

**G**

**H**

**I**

**J**

**K**

**L**

**M**

**N**

**O**

**P**

**Q**

**R**

**S**

**T**

**U**

**V**

**W**

**X**

**Y**

**Z**

**aa**

**ab**

**ac**

**ad**

**ae**

**af**

**ag**

**ah**

**ai**

**aj**

**ak**

**al**

**am**

**an**

**ao**

**ap**

**aq**

**ar**

**as**

**at**

**au**

**av**

**aw**

**ax**

**ay**

**az**

**ba**

**bb**

**bc**

**bd**

**be**

**bf**

**bg**

**bh**

**bi**

**bj**

**bk**

**bl**

**bm**

**bn**

**bo**

**bp**

**bq**

**br**

**bs**

**bt**

**bu**

**bv**

**bw**

**bx**

**by**

**bz**

**ca**

**cb**

**cc**

**cd**

**ce**

**cf**

**cg**

**ch**

**ci**

**cj**

**ck**

**cl**

**cm**

**cn**

**co**

**cp**

**cq**

**cr**

**cs**

**ct**

**cu**

**cv**

**cw**

**cx**

**cy**

**cz**

**da**

**db**

**dc**

**dd**

**de**

**df**

**dg**

**dh**

**di**

**dj**

**dk**

**dl**

**dm**

**dn**

**do**

**dp**

**dq**

**dr**

**ds**

**dt**

**du**

**dv**

**dw**

**dx**

**dy**

**dz**

**ea**

**eb**

**ec**

**ed**

**ee**

**ef**

**eg**

**eh**

**ei**

**ej**

**ek**

**el**

**em**

**en**

**eo**

**ep**

**eq**

**er**

**es**

**et**

**eu**

**ev**

**ew**

**ex**

**ey**

**ez**

**fa**

**fb**

**fc**

**fd**

**fe**

**ff**

**fg**

**fh**

**fi**

**fj**

**fk**

**fl**

**fm**

**fn**

**fo**

**fp**

**fq**

**fr**

**fs**

**ft**

**fu**

**fv**

**fw**

**fx**

**fy**

**fz**

**ga**

**gb**

**gc**

**gd**

**ge**

**gf**

**gg**

**gh**

**gi**

**gj**

**gk**

**gl**

**gm**

**gn**

**go**

**gp**

**gq**

**gr**

**gs**

**gt**

**gu**

**gv**

**gw**

**gx**

**gy**

**gz**

**ha**

**hb**

**hc**

**hd**

**he**

**hf**

**hg**

**hh**

**hi**

**hj**

**hk**

**hl**

**hm**

**hn**

**ho**

**hp**

**hq**

**hr**

**hs**

**ht**

**hu**

**hv**

**hw**

**hx**

**hy**

**hz**

**ia**

**ib**

**ic**

**id**

**ie**

**if**

**ig**

**ih**

**ii**

**ij**

**ik**

**il**

**im**

**in**

**io**

**ip**

**iq**

**ir**

**is**

**it**

**iu**

**iv**

**iw**

**ix**

**iy**

**iz**

**ja**

**jb**

**jc**

**jd**

**je**

**jf**

**jj**

**jh**

**ji**

**jj**

**jk**

**jl**

**jm**

**jn**

**jo**

**jp**

**jq**

**jr**

**js**

**jt**

**ju**

**jv**

**jw**

**jx**

**ji**

**jj**

**jk**

**jl**

**jm**

**jn**

**jo**

**jp**

**jq**

**jr**

**js**

**jt**

**ju**

**jv**

**jw**

**jx**

**ky**

**kz**

**la**

**lb**

**lc**

**ld**

**le**

**lf**

**lg**

**lh**

**li**

**lj**

**lk**

**ll**

**lm**

**ln**

**lo**

**lp**

**lq**

**lr**

**ls**

**lt**

**lu**

**lv**

**lw**

**lx**

**ly**

**lz**

**ma**

**mb**

**mc**

**md**

**me**

**mf**

**mg**

**mh**

**mi**

**mj**

**mk**

**ml**

**mm**

**mn**

**mo**

**mp**

**mq**

**mr**

**ms**

**mt**

**mu**

**mv**

**mw**

**mx**

**my**

**mz**

**na**

**nb**

**nc**

**nd**

**ne**

**nf**

**ng**

**nh**

**ni**

**nj**

**nk**

**nl**

**nm**

**nn**

**no**

**np**

**nq**

**nr**

**ns**

**nt**

**nu**

**nv**

**nw**

**nx**

**ny**

**nz**

**oa**

**ob**

**oc**

**od**

**oe**

**of**

**og**

**oh**

**oi**

**oj**

**ok**

**ol**

**om**

**on**

**oo**

**op**

**oq**

**or**

**os**

**ot**

**ou**

**ov**

**ow**

**ox**

**oy**

**oz**

**pa**

**pb**

**pc**

**pd**

**pe**

**pf**

**pg**

**ph**

**pi**

**pj**

**pk**

**pl**

**pm**

**pn**

**po**

**pp**

**pq**

**pr**

**ps**

**pt**

**pu**

**pv**

**pw**

**px**

**py**

**pz**

**qa**

**qb**

**qc**

**qd**

**qe**

**qf**

**qg**

**qh**

**qi**

**qj**

**qk**

**ql**

**qm**

**qn**

**qo**

**qp**

**qq**

**qr**

**qs**

**qt**

**qu**

**qv**

**qw**

**qx**

**qy**

**qz**

**ra**

**rb**

**rc**

**rd**

**re**

**rf**

**rg**

**rh**

**ri**

**rj**

**rk**

**rl**

**rm**

**rn**

**ro**

**rp**

**rq**

**rr**

**rs**

**rt**

**ru**

**rv**

**rw**

**rx**

**ry**

**rz**

**sa**

**sb**

**sc**

**sd**

**se**

**sf**

**sg**

**sh**

**si**

**sj**

**sk**

**sl**

**sm**

**sn**

**so**

**sp**

**sq**

**sr**

**ss**

**st**

**su**

**sv**

**sw**

**sx**

**sy**

**sz**

**ta**

**tb**

**tc**

**td**

**te**

**tf**

**tg**

**th**

**ti**

**tj**

**tk**

**tl**

**tm**

**tn**

**to**

**tp**

**tq**

**tr**

**ts**

**tt**

**tu**

**tv**

**tw**

**tx**

**ty**

**tz**

**ua**

**ub**

**uc**

**ud**

**ue**

**uf**

**ug**

**uh**

**ui**

**uj**

**uk**

**ul**

**um**

**un**

**uo**

**up**

**uq**

**ur**

**us**

**ut**

**uu**

**uv**

**uw**

**ux**

**uy**

**uz**

**va**

**vb**

**vc**

**vd**

**ve**

**vf**

**vg**

**vh**

**vi**

**vj**

**vk**

**vl**

**vm**

**vn**

**vo**

**vp**

**vq**

**vr**

**vs**

**vt**

**vu**

**vv**

**vw**

**vx**

**vy**

**vz**

**wa**

**wb**

**wc**

**wd**

**we**

**wf**

**wg**

**wh**

**wi**

**wj**

**wk**

**wl**

**wm**

**wn**

**wo**

**wp**

**wq**

**wr**

**ws**

**wt**

**wu**

**wv**

**ww**

**wx**

**wy**

**wz**

**xa**

**xb**

**xc**

**xd**

**xe**

**xf**

**yg**

**yh**

**yi**

**yj**

**yk**

**yl**

**ym**

**yn**

**yo**

**yp**

**yq**

**yr**

**ys**

**yt**

**yu**

**yv**

**yw**

**yx**

**yy**

**yz**

**za**

**zb**

**zc**

**zd**

**ze**

**zf**

**zg**

**zh**

**zi**

**zj**

**zk**

**zl**

**zm**

**zn**

**zo**

**zp**

**zq**

**zr**

**zs**

**zt**

**zu**

**zv**

**zw**

**zx**

**zy**

**zz**

**1**

**2**

**3**

**4**

**5**

**6**

**7**

**8**

**9**

**10**

**11**

**12**

**13**

**14**

**15**

**16**

**17**

**18**

**19**

**20**

**21**

**22**

**23**

**24**

**25**

**26**

**27**

**28**

**29**

**30**

**31**

**32**

**33**

**34**

**35**

**36**

**37**

**38**

**39**

**40**

**41**

**42**

**43**

**44**

**45**

**46**

**47**

**48**

**49**

**50**

**51**

**52**

**53**

**54**

**55**

**56**

**57**

**58**

**59**

**60**

**61**

**62**

**63**

**64**

**65**

**66**

**67**

**68**

**69**

**70**

**71**

**72**

**73**

**74**

**75**

**76**

**77**

**78**

**79**

**80**

**81**

**82**

**83**

**84**

**85**

**86**

**87**

**88**

**89**

**90**

**91**

**92**

**93**

**94**

**95**

**96**

**97**

**98**

**99**

**100**

**101**

**102**

**103**

**104**

**105**

**106**

**107**

**108**

**109**

**110**

**111**

**112**

**113**

**114**

**115**

**116**

**117**

**118**

**119**

**120**

**121**

**122**

**123**

**124**

**125**

**126**

**127**

**128**

**129**

**130**

**131**

**132**

**133**

**134**

**135**

**136**

**137**

**138**

**139**

**140**

**141**

**142**

**143**

**144**

**145**

**146**

**147**

**148**

**149**

**150**

**151**

**152**

**153**

**154**

**155**

**156**

**157**

**158**

**159**

**160**

**161**

**162**

**163**

**164**

**165**

**166**

**167**

**168**

**169**

**170**

**171**

**172**

**173**

**174**

**175**

**176**

**177**

**178**

**179**

**180**

**181**

**182**

**183**

**184**

**185**

**186**

**187**

**188**

**189**

**190**

**191**

**192**

**193**

**194**

**195**

**196**

**197**

**198**

**199**

**200**

**201**

**202**

**203**

**204**

**205**

**206**

**207**

**208**

**209**

**210**

**211**

**212**

**213**

**214**

**215**

**216**

**217**

**218**

**219**

**220**

**221**

**222**

**223**

**224**

**225**

**226**

**227**

**228**

**229**

**230**

**231**

**232**

**233**

**234**

**235**

**236**

**237**

**238**

**239**

**240**

**241**

**242**

**243**

**244**

**245**

**246**

**247**

**248**

**249**

**250**

**251**

**252**

**253**

**254**

**255**

**256**

**257**

**258**

**259**

**260**

**261**

**262**

**263**

**264**

**265**

**266**

**267**

**268**

**269**

**270**

**271**

**272**

**273**

**274**

**275**

**276**

**277**

**278**

**279**

**280**

**281**

**282**

**283**

**284**

**285**

**286**

**287**

**288**

**289**

**290**

**291**

**292**

**293**

**294**

**295**

**296**

**297**

**298**

**299**

**300**

**301**

**302**

**303**

**304**

**305**

**306**

**307**

**308**

**309**

**310**

**311**

**312**

**313**

**314**

**315**

**316**

**317**

**318**

**319**

**320**

**321**

**322**

**323**

**324**

**325**

**326**

**327**

**328**

**329**

**330**

**331**

**332**

**333**

**334**

**335**

**336**

**337**

**338**

**339**

**340**

**341**

**342**

**343**

**344**

**345**

**346**

**347**

**348**

**349**

**350**

**351**

**352**

**353**

**354**

**355**

**356**

**357**

**358**

**359**

**360**

**361**

**362**

**363**

**364**

**365**

**366**

**367**

**368**

**369**

**370**

**371**

**372**

**373**

**374**

**375**

**376**

**377**

**378**

**379**

**380**

**381**

**382**

**383**

**384**

**385**

**386**

**387**

**388**

**389**

**390**

**391**

**392**

**393**

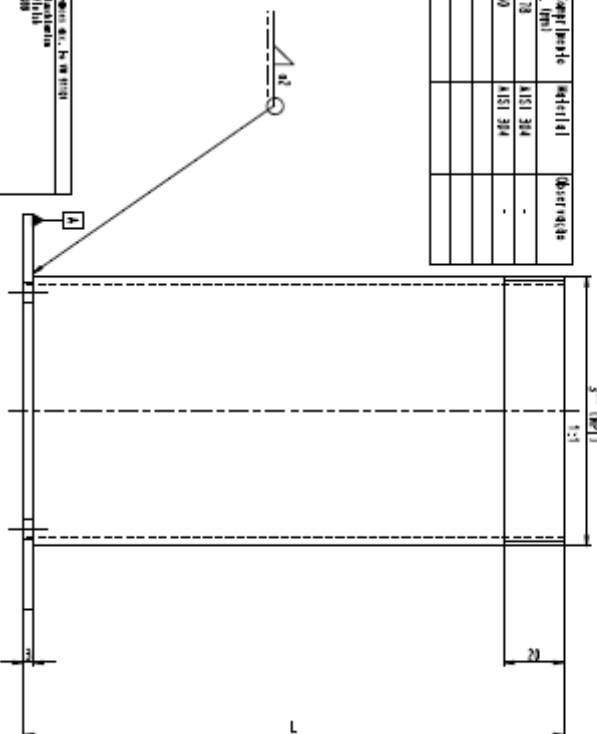
[illegible]

attorney for client  
Joseph L. Long, and  
Shelburne, Conn. law-  
yers and drafters Mr.  
Folger and  
counselors Joseph  
and Susan Folger  
in the debt reor-  
ganization firm.

Parameter	Value	Unit
Length	1.1	m
Width	0.5	m
Height	0.1	m
Weight	0.08	kg
Volume	0.01	m <sup>3</sup>

**THE**

<p><b>Shareholder/creditor</b>          Surface Products          no 14199</p>	<p><b>Benefit/claimant</b>          Edge Insulation          no 14199</p>
----------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------

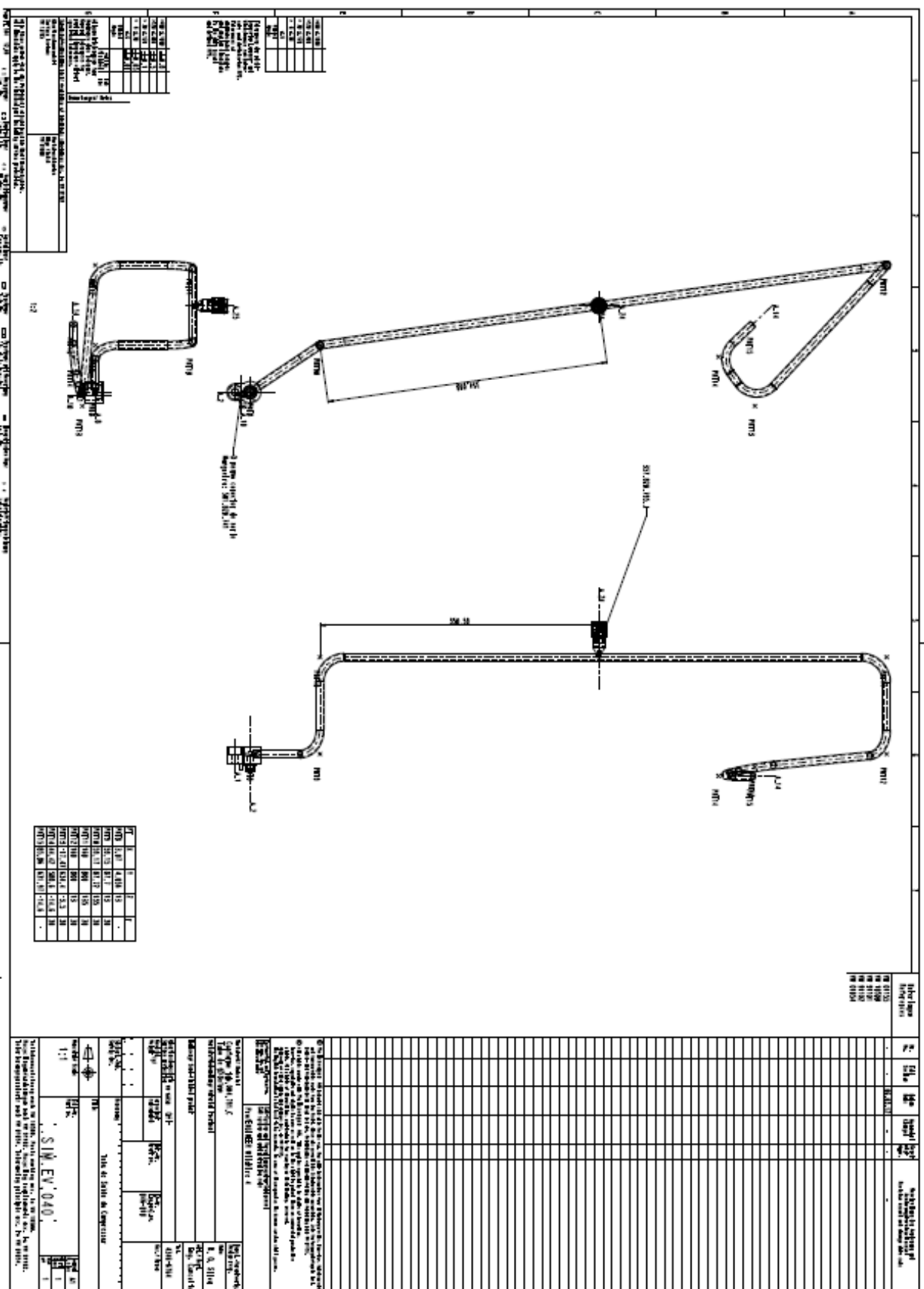
[illegible][illegible]

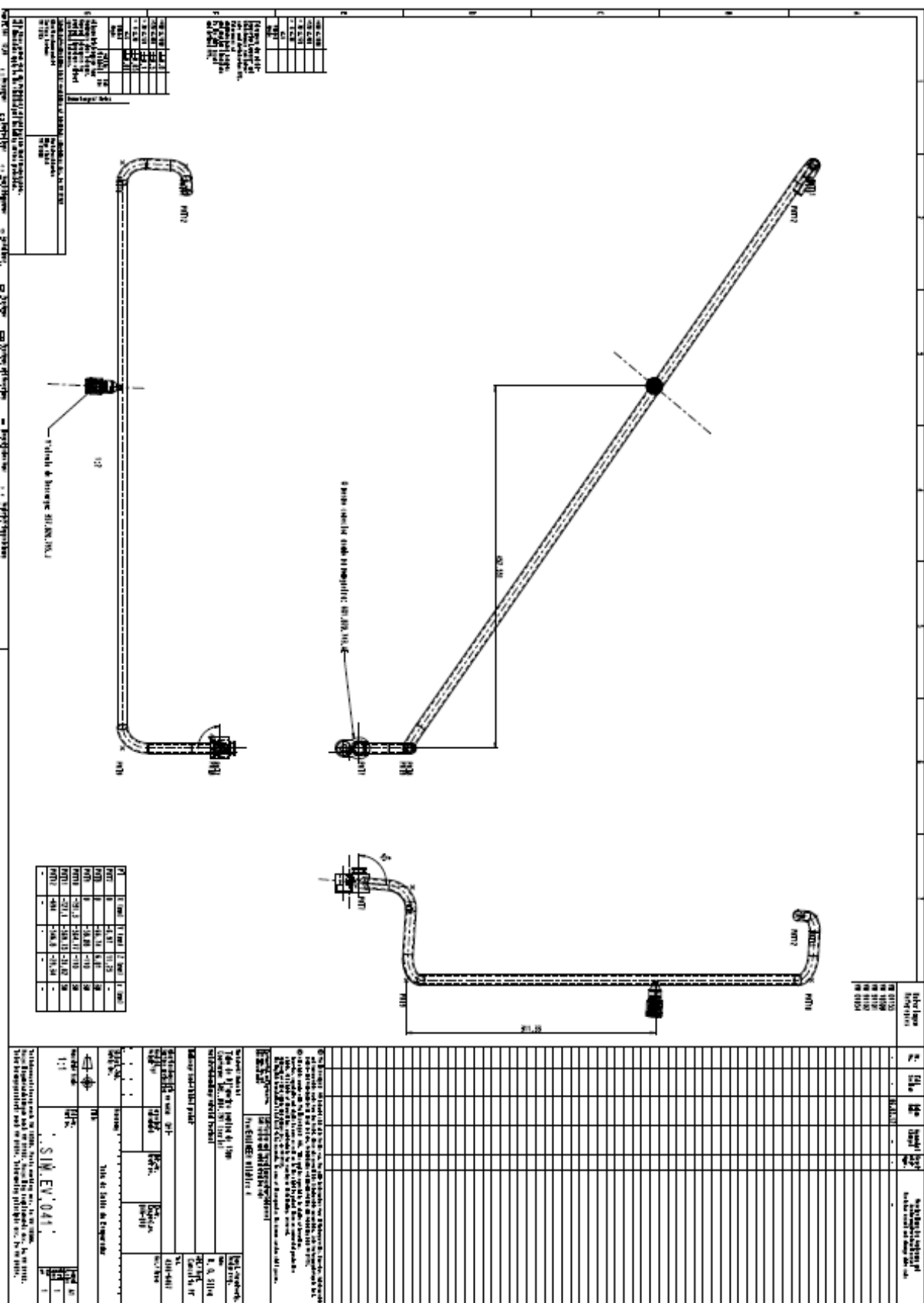
**Technical Drawing Details:**

- Section:** A-A
- Dimensions:**
  - Window width: 213
  - Window height: 3' 10 3/4"
  - Door width: 30
  - Door height: 6' 1 1/4"
  - Door width: 30
- Materials:**
  - Window frame: ALU 304
  - Window glass: E. 0.311nd
  - Door frame: ALU 304
  - Door glass: E. 0.311nd
- Components:**
  - Window: ALU 304
  - Door: ALU 304
  - Door handle: ALU 304
  - Door lock: ALU 304

236







Technical drawing of a flange with dimensions and tolerances. The drawing shows a top view and a side view. The top view is a circle with a diameter of 130 mm. The side view shows a flange with a thickness of 3 mm and a bore diameter of 30 mm. The drawing includes dimensions for the bore, the flange thickness, and the overall diameter. Tolerances are specified for the bore diameter and the flange thickness. The drawing is labeled 'Flange' and '30 BSP'.

Unterlagen References		Berechnung der Änderung und Änderungsfortschreibung Revision record and change data code	
WM 01155			
WM 10500			
WM 91101			
WM 91102			
WM 01054			
ISO 2553			
DIN EN 10088-2			
DIN EN 14343-6			
DIN 2391/EN 10305-			

Berechnung der Änderung und Änderungsfortschreibung Revision record and change data code		Berechnung der Änderung und Änderungsfortschreibung Revision record and change data code	
WM 01155			
WM 10500			
WM 91101			
WM 91102			
WM 01054			
ISO 2553			
DIN EN 10088-2			
DIN EN 14343-6			
DIN 2391/EN 10305-			

Berechnung der Änderung und Änderungsfortschreibung Revision record and change data code		Berechnung der Änderung und Änderungsfortschreibung Revision record and change data code	
WM 01155			
WM 10500			
WM 91101			
WM 91102			
WM 01054			
ISO 2553			
DIN EN 10088-2			
DIN EN 14343-6			
DIN 2391/EN 10305-			

Berechnung der Änderung und Änderungsfortschreibung Revision record and change data code		Berechnung der Änderung und Änderungsfortschreibung Revision record and change data code	
WM 01155			
WM 10500			
WM 91101			
WM 91102			
WM 01054			
ISO 2553			
DIN EN 10088-2			
DIN EN 14343-6			
DIN 2391/EN 10305-			

Berechnung der Änderung und Änderungsfortschreibung Revision record and change data code		Berechnung der Änderung und Änderungsfortschreibung Revision record and change data code	
WM 01155			
WM 10500			
WM 91101			
WM 91102			
WM 01054			
ISO 2553			
DIN EN 10088-2			
DIN EN 14343-6			
DIN 2391/EN 10305-			

Berechnung der Änderung und Änderungsfortschreibung Revision record and change data code		Berechnung der Änderung und Änderungsfortschreibung Revision record and change data code	
WM 01155			
WM 10500			
WM 91101			
WM 91102			
WM 01054			
ISO 2553			
DIN EN 10088-2			
DIN EN 14343-6			
DIN 2391/EN 10305-			

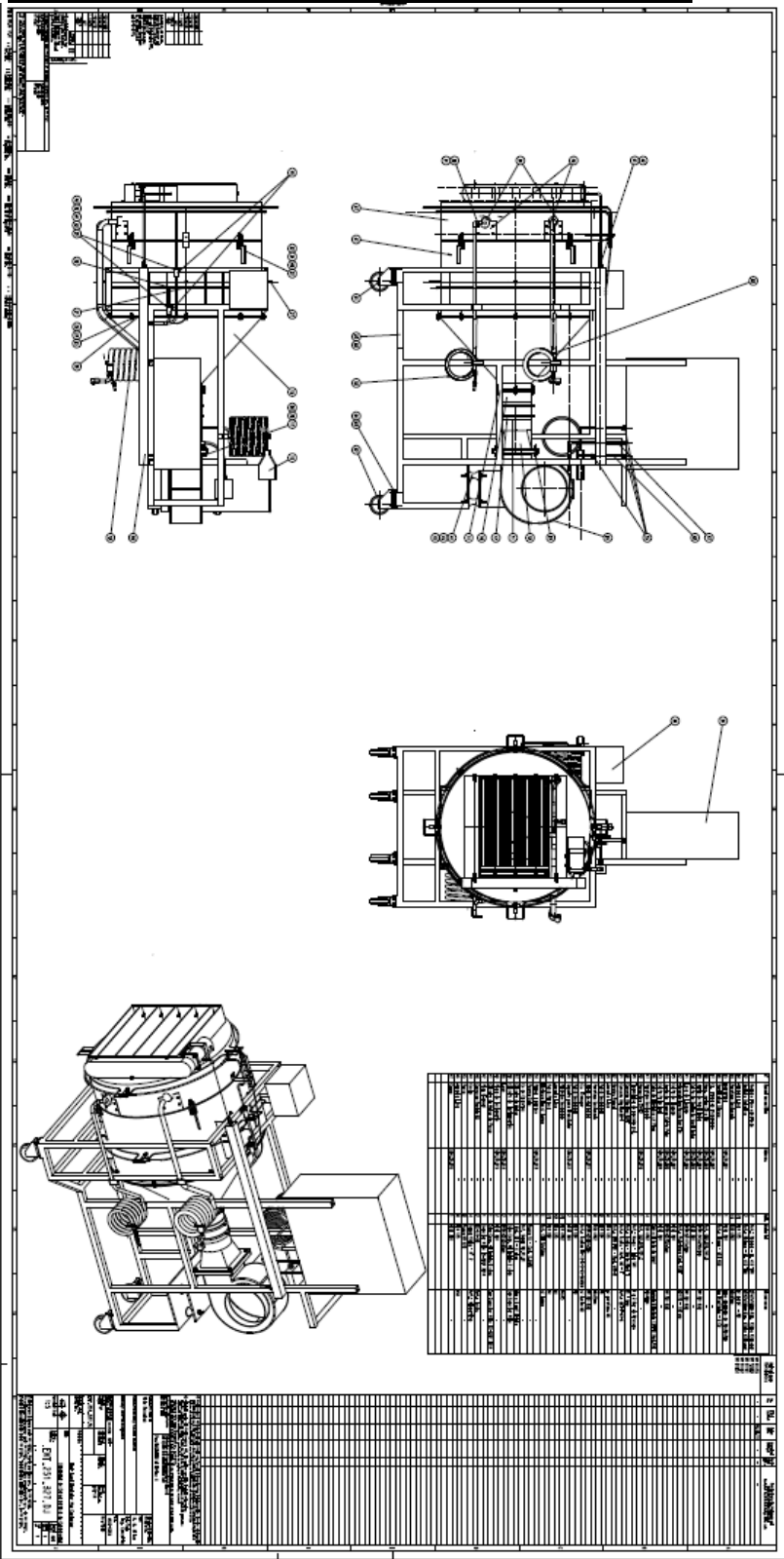
Berechnung der Änderung und Änderungsfortschreibung Revision record and change data code		Berechnung der Änderung und Änderungsfortschreibung Revision record and change data code	
WM 01155			
WM 10500			
WM 91101			
WM 91102			
WM 01054			
ISO 2553			
DIN EN 10088-2			
DIN EN 14343-6			
DIN 2391/EN 10305-			

Berechnung der Änderung und Änderungsfortschreibung Revision record and change data code		Berechnung der Änderung und Änderungsfortschreibung Revision record and change data code	
WM 01155			
WM 10500			
WM 91101			
WM 91102			
WM 01054			
ISO 2553			
DIN EN 10088-2			
DIN EN 14343-6			
DIN 2391/EN 10305-			

Berechnung der Änderung und Änderungsfortschreibung Revision record and change data code		Berechnung der Änderung und Änderungsfortschreibung Revision record and change data code	
WM 01155			
WM 10500			
WM 91101			
WM 91102			
WM 01054			
ISO 2553			
DIN EN 10088-2			
DIN EN 14343-6			
DIN 2391/EN 10305-			

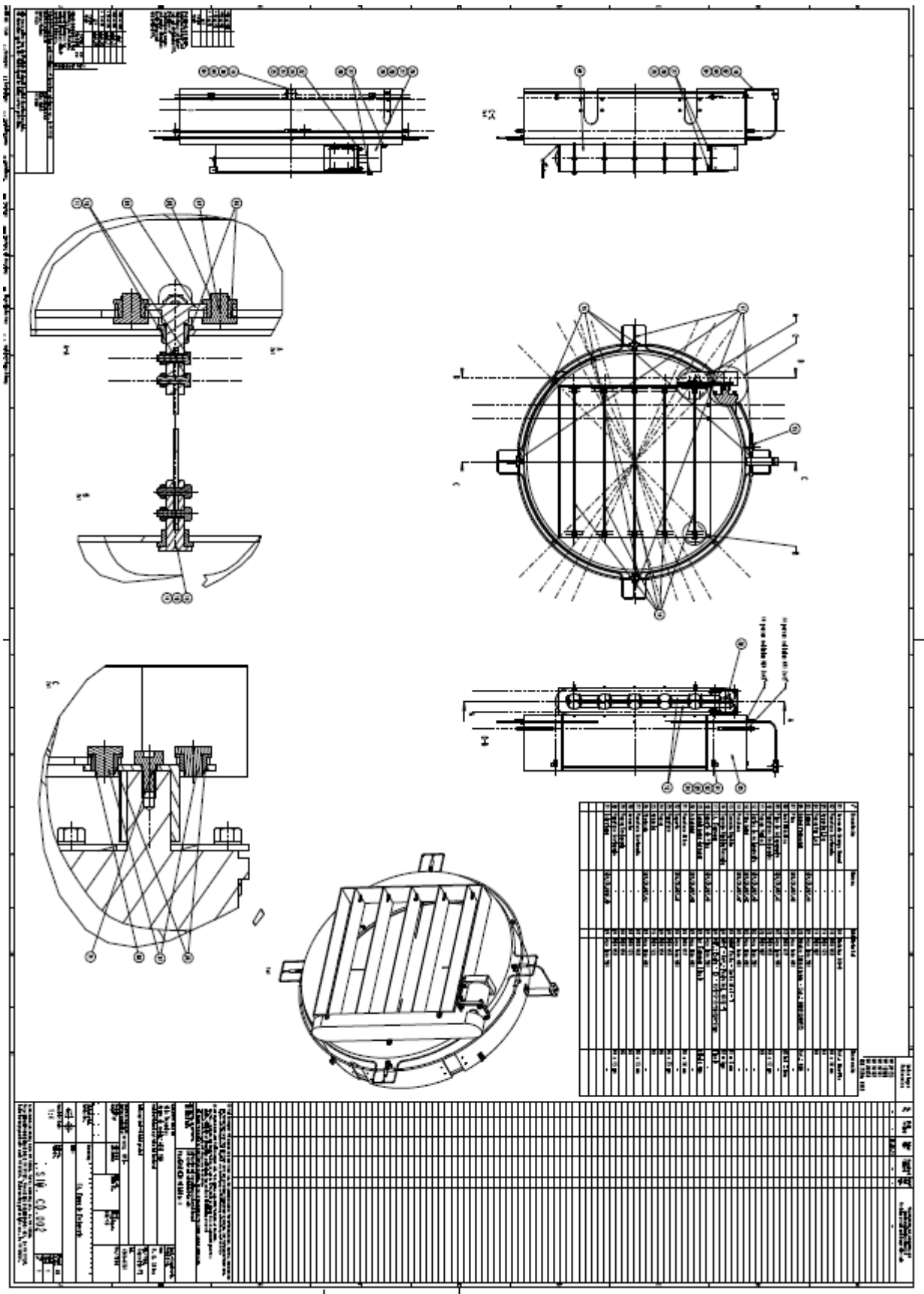
Berechnung der Änderung und Änderungsfortschreibung Revision record and change data code	
------------------------------------------------------------------------------------------------	--

APÊNDICE B – Módulo Condensador



Nº	Designação/Dim	Número	Qtd.	Material	Observação
01	Rodizio Fixo com Freio	-	2	Ref.: Shiapa - FL 412 TBN	Ø 32x100mm Cap. 150kg (Shiapa)
02	Rodizio Rotativo	-	2	Ref.: Shiapa - GL 412 TBN	Ø 32x100mm Cap. 150kg (Shiapa)
03	Arruela Lisa	-	20	DIN 125	p/ paraf - M8
04	Parafuso Sextavado	-	16	ISO 4762	M8x15mm
05	Estrutera	SIM.CD.001	1	AISI 304	Tubo quadrado de 30x30x3mm
06	Ventilador Siroco	-	1	Ref.: Ibram - VSI 360	V: 73 m³/min - 6 CV
07	Cj. Tampa de Fechamento	SIM.CD.002	1	-	-
08	Mang. entre CD e EV	SIM.CD.003	1	Ref. 600,820,741,D	-
09	Junta do Ventilador	SIM.CD.004	1	EPDM 245x235x5mm	VW 281 G50
10	Coifa de Saída do Ventilador	SIM.CD.005	1	AISI 304	-
11	Lava de Ligação	SIM.CD.006	1	EPDM Ø175x3mm	VW 281 G50
12	Abraçadeira Rosca Sem Fim	-	2	Ref.: Polytecno Cod. PSIT	Ø178 - 192 mm
13	Coifa de Ligação	SIM.CD.007	1	AISI 304	-
14	Junta de Ligação Coifa Prin	SIM.CD.008	1	EPDM Ø250x5mm	VW 281 G50
15	Coifa Principal	SIM.CD.009	1	AISI 304	-
16	Cabo de Elétrico c/ Plug	-	1	50m x Bitola de 6mm²	Tonada Blindada (3P+T) Mod.PNF
17	Parafuso Sextavado	-	4	ISO 4762	M8x40mm
18	Margueira CD/EV	SIM.CD.010	1	Ref. 520,820,721,C	-
19	Transdutor de pressão rel.	-	2	Ref.: Novas - Huba S11	0 a 2 Bar de Pressão
20	Conexão Rápida QSMT	-	1	Ref.: Festo - Série Mini T	D1 = 6mm
21	Conexão Rápida QS-F	-	4	Ref.: Festo - Met. M7 - T	Ref.: QST-F-M7-6
22	Grampo Manual	-	4	Ref.: EMA FIX - Mod. 346-D	-
23	Arruela Lisa	-	8	DIN 125	p/ parafuso M8
24	Porca Sextavada	-	8	DIN 934	M8
25	Parafuso Sextavado	-	8	ISO 4762	M8x25mm
26	Junta de Borracha	SIM.CD.011	1	EPDM Ø80x5mm	VW 281 G50
27	Cj. Termopar	-	4	Ref.: Exata: EX-15-N-S-15-304304	c/ bucin M8
28	Porca Sextavada	-	4	DIN 934	M8
29	Suporte para Transdutor	SIM.CD.012	2	AISI 304	-
30	Parafuso Sextavado	-	28	DIN 4762	M4x15
31	Arruela Lisa	-	32	DIN 125	A4
32	Porca Parlock	-	20	DIN 982	M4
33	Eletrocabla c/ Tampa	-	1	Ref. CNE 50x50mm	c/ Tampa
34	Painel Elétrico	SIM.CD.013	1	-	-
35	Prensa Cabo	-	6	Rosca 16 - Cod. S.803C	-
36	Cx de Chicotes	-	1	Ref. Semar 90.11.01	-
37	Chicote do Motor	-	1	Ref. Sil - 4 vias	40m x 6 mm² bitola
38	Chicote de instrumentos	-	1	Cabo Coax. Blindado 2 vias	Com Conector Mike
39	Loom	SIM.CD.014	2	EPDM Ø52x35mm	-
40	Placa de Fechamento	SIM.CD.015	2	AISI 304	-
41	Chicote do Motor de Passo	-	1	Cabo Coax. Blindado 8 vias	Com Conector Mike LS-3007 3014
42	Plug (Femea)	-	1	Conector Mike LS-3007 3014	-
43	Correção Rápida QS	-	2	QS-1/4-6B	Ref.: Festo
44	Coxim	-	4	Carga 150kg - Nº 2	Ref.: Vibra-Stop
45	Porca	-	8	Porca VW 3/8	-
46	Arruela Lisa	-	8	DIN 125	A10
47	Corpo	SIM.CD.016	1	AISI 304	-







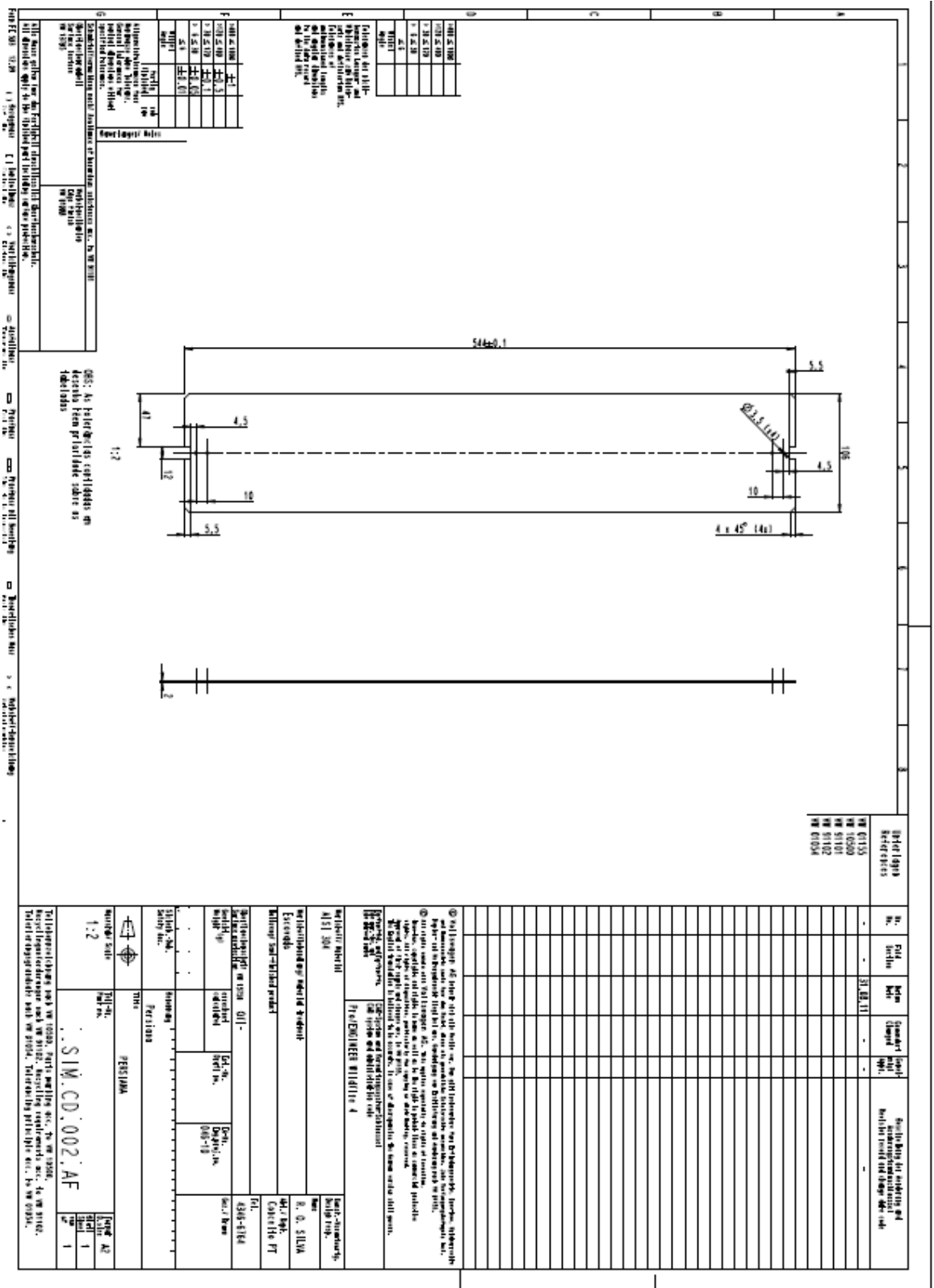


245







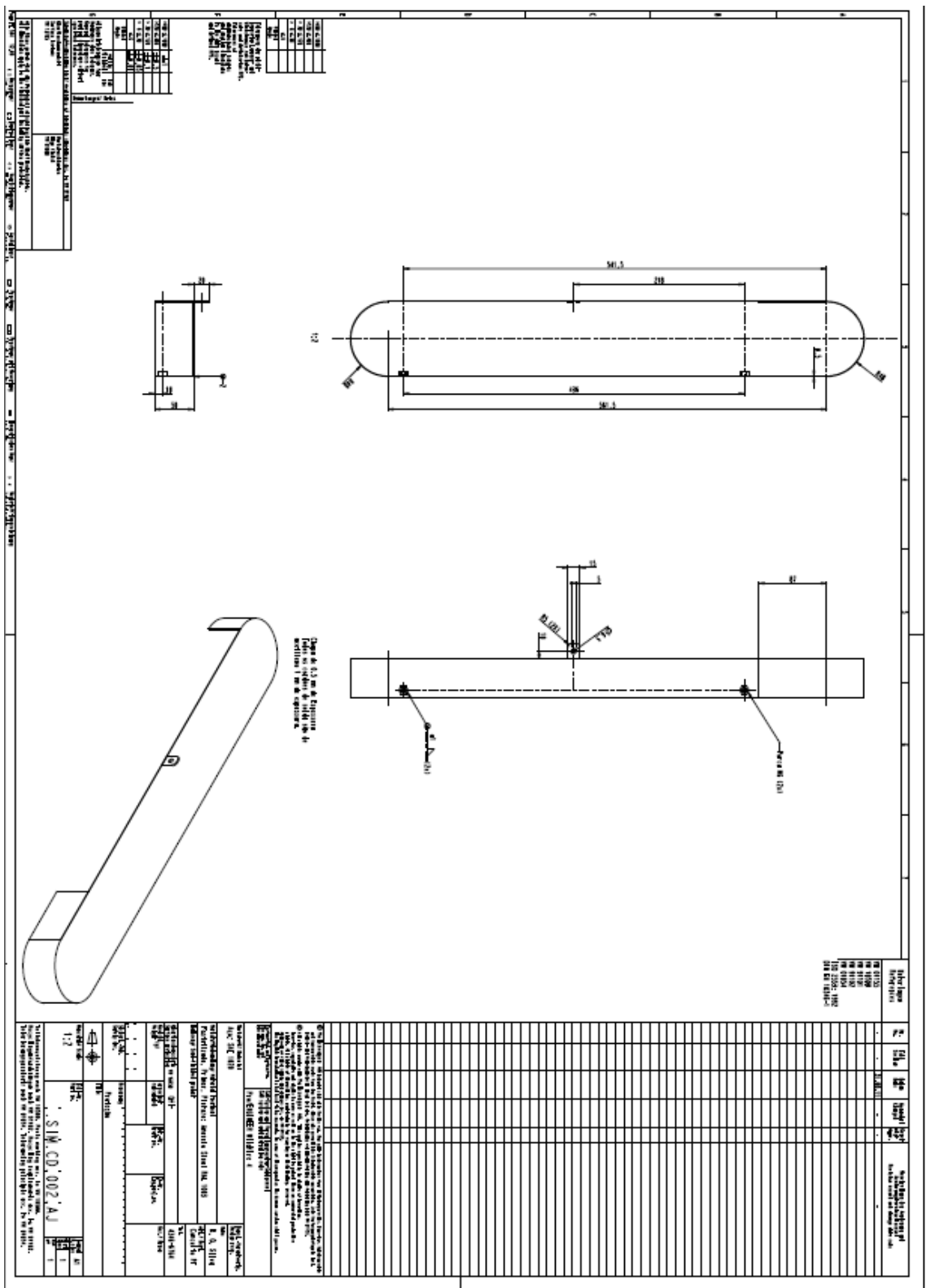


[illegible]



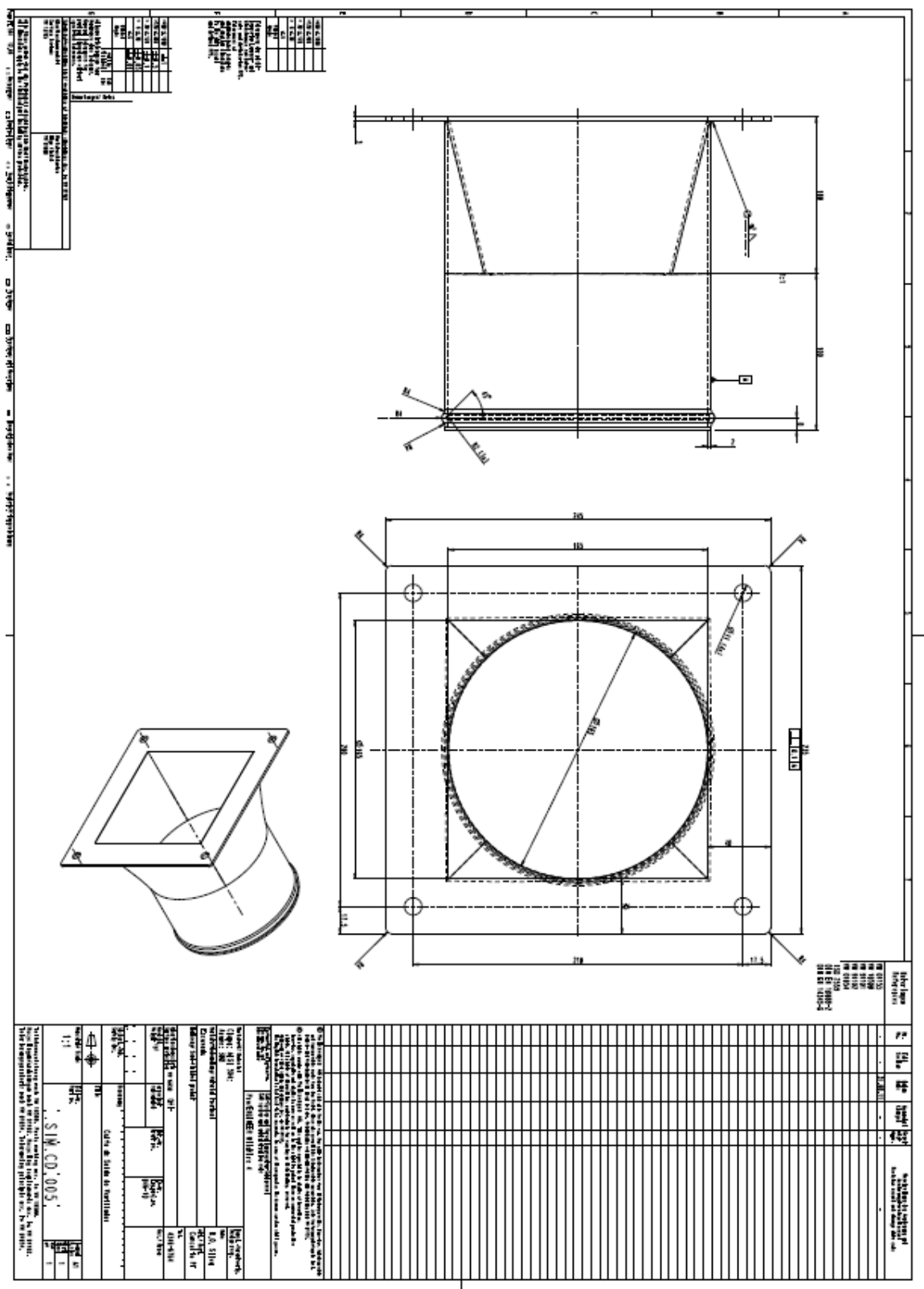
Object (Objekt)		No.		Field		Item		Standard		Unit		Description	
Beschreibung		Nr.		Ort		Art		Norm		Menge		Bemerkungen	
Objekt 1		1		1		1		1		1		1	
Objekt 2		2		2		2		2		2		2	
Objekt 3		3		3		3		3		3		3	
Objekt 4		4		4		4		4		4		4	
Objekt 5		5		5		5		5		5		5	
Objekt 6		6		6		6		6		6		6	
Objekt 7		7		7		7		7		7		7	
Objekt 8		8		8		8		8		8		8	
Objekt 9		9		9		9		9		9		9	
Objekt 10		10		10		10		10		10		10	
Objekt 11		11		11		11		11		11		11	
Objekt 12		12		12		12		12		12		12	
Objekt 13		13		13		13		13		13		13	
Objekt 14		14		14		14		14		14		14	
Objekt 15		15		15		15		15		15		15	
Objekt 16		16		16		16		16		16		16	
Objekt 17		17		17		17		17		17		17	
Objekt 18		18		18		18		18		18		18	
Objekt 19		19		19		19		19		19		19	
Objekt 20		20		20		20		20		20		20	
Objekt 21		21		21		21		21		21		21	
Objekt 22		22		22		22		22		22		22	
Objekt 23		23		23		23		23		23		23	
Objekt 24		24		24		24		24		24		24	
Objekt 25		25		25		25		25		25		25	
Objekt 26		26		26		26		26		26		26	
Objekt 27		27		27		27		27		27		27	
Objekt 28		28		28		28		28		28		28	
Objekt 29		29		29		29		29		29		29	
Objekt 30		30		30		30		30		30		30	
Objekt 31		31		31		31		31		31		31	
Objekt 32		32		32		32		32		32		32	
Objekt 33		33		33		33		33		33		33	
Objekt 34		34		34		34		34		34		34	
Objekt 35		35		35		35		35		35		35	
Objekt 36		36		36		36		36		36		36	
Objekt 37		37		37		37		37		37		37	
Objekt 38		38		38		38		38		38		38	
Objekt 39		39		39		39		39		39		39	
Objekt 40		40		40		40		40		40		40	
Objekt 41		41		41		41		41		41		41	
Objekt 42		42		42		42		42		42		42	
Objekt 43		43		43		43		43		43		43	
Objekt 44		44		44		44		44		44		44	
Objekt 45		45		45		45		45		45		45	
Objekt 46		46		46		46		46		46		46	
Objekt 47		47		47		47		47		47		47	
Objekt 48		48		48		48		48		48		48	
Objekt 49		49		49		49		49		49		49	
Objekt 50		50		50		50		50		50		50	
Objekt 51		51		51		51		51		51		51	
Objekt 52		52		52		52		52		52		52	
Objekt 53		53		53		53		53		53		53	
Objekt 54		54		54		54		54		54		54	
Objekt 55		55		55		55		55		55		55	
Objekt 56		56		56		56		56		56		56	
Objekt 57		57		57		57		57		57		57	
Objekt 58		58		58		58		58		58		58	
Objekt 59		59		59		59		59		59		59	
Objekt 60		60		60		60		60		60		60	
Objekt 61		61		61		61		61		61		61	
Objekt 62		62		62		62		62		62		62	
Objekt 63		63		63		63		63		63		63	
Objekt 64		64		64		64		64		64		64	
Objekt 65		65		65		65		65		65		65	
Objekt 66		66		66		66		66		66		66	
Objekt 67		67		67		67		67		67		67	
Objekt 68		68		68		68		68		68		68	
Objekt 69		69		69		69		69		69		69	
Objekt 70		70		70		70		70		70		70	
Objekt 71		71		71		71		71		71		71	
Objekt 72		72		72		72		72		72		72	
Objekt 73		73		73		73		73		73		73	
Objekt 74		74		74		74		74		74		74	
Objekt 75		75		75		75		75		75		75	
Objekt 76		76		76		76		76		76		76	
Objekt 77		77		77		77		77		77		77	
Objekt 78		78		78		78		78		78		78	
Objekt 79		79		79		79		79		79		79	
Objekt 80		80		80		80		80		80		80	
Objekt 81		81		81		81		81		81		81	
Objekt 82		82		82		82		82		82		82	
Objekt 83		83		83		83		83		83		83	
Objekt 84		84		84		84		84		84		84	
Objekt 85		85		85		85		85		85		85	
Objekt 86		86		86		86		86		86		86	
Objekt 87		87		87		87		87		87		87	
Objekt 88		88		88		88		88		88		88	
Objekt 89		89		89		89		89		89		89	
Objekt 90		90		90		90		90		90		90	
Objekt 91		91		91		91		91		91		91	
Objekt 92		92		92		92		92		92		92	
Objekt 93		93		93		93		93		93		93	
Objekt 94		94		94		94		94		94		94	
Objekt 95		95		95		95		95		95		95	
Objekt 96		96		96		96		96		96		96	
Objekt 97		97		97		97		97		97		97	
Objekt 98		98		98		98		98		98		98	
Objekt 99		99		99		99		99		99		99	
Objekt 100		100		100		100		100		100		100	



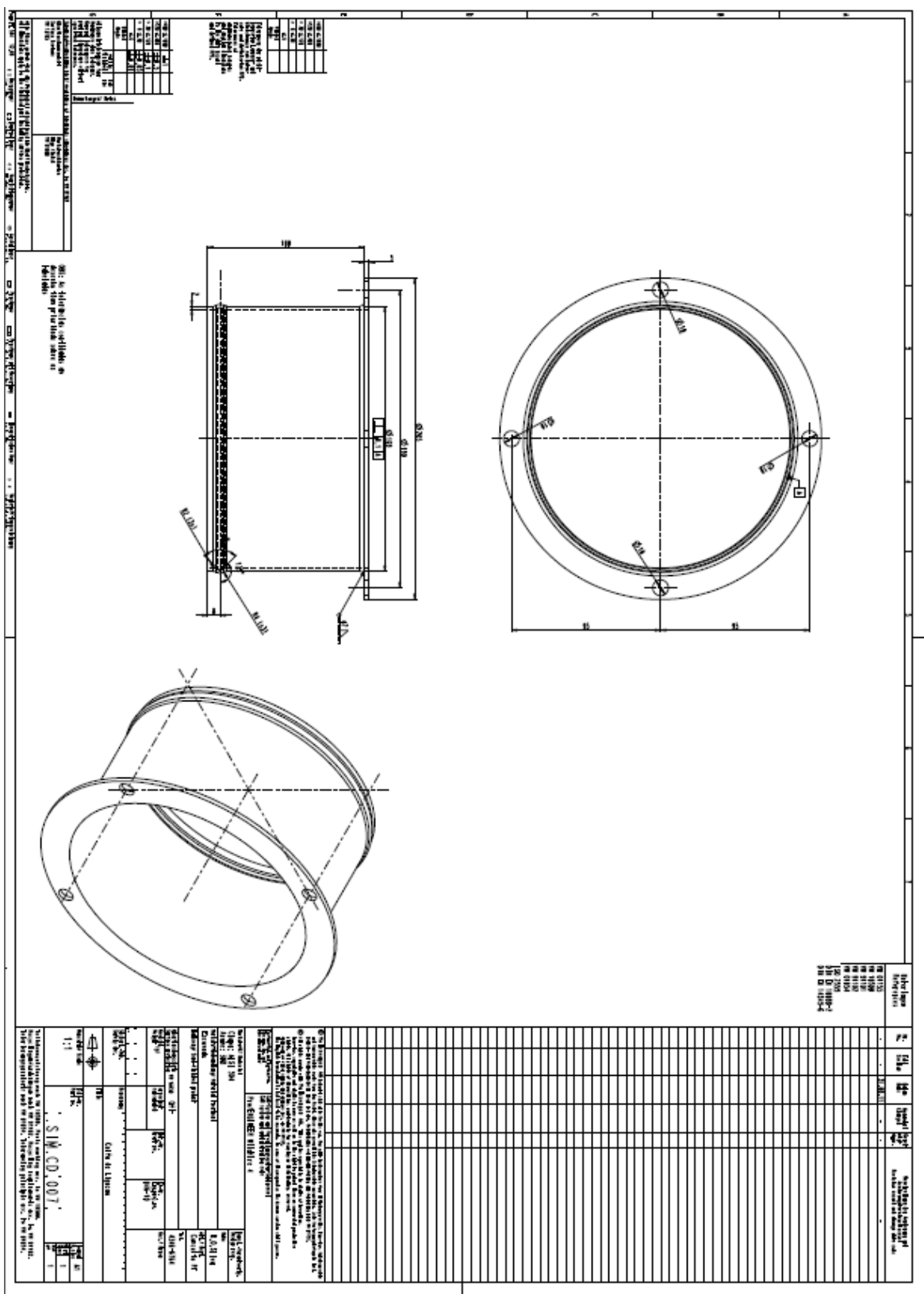


Sheet Name		Sheet No.		Sheet Date		Sheet Title	
1	2	3	4	5	6	7	8
<p>1. General Information</p> <p>Project Name: <input type="text"/></p> <p>Client: <input type="text"/></p> <p>Design: <input type="text"/></p> <p>Scale: <input type="text"/></p> <p>Author: <input type="text"/></p> <p>Checker: <input type="text"/></p> <p>Reviewer: <input type="text"/></p> <p>Approval: <input type="text"/></p> <p>Revision: <input type="text"/></p> <p>Notes: <input type="text"/></p>							
<p>2. Dimensions and Details</p> <p>Overall Length: <input type="text"/></p> <p>Overall Width: <input type="text"/></p> <p>Section A-A: <input type="text"/></p> <p>Section B-B: <input type="text"/></p> <p>Section C-C: <input type="text"/></p> <p>Section D-D: <input type="text"/></p> <p>Section E-E: <input type="text"/></p> <p>Section F-F: <input type="text"/></p> <p>Section G-G: <input type="text"/></p> <p>Section H-H: <input type="text"/></p> <p>Section I-I: <input type="text"/></p> <p>Section J-J: <input type="text"/></p> <p>Section K-K: <input type="text"/></p> <p>Section L-L: <input type="text"/></p> <p>Section M-M: <input type="text"/></p> <p>Section N-N: <input type="text"/></p> <p>Section O-O: <input type="text"/></p> <p>Section P-P: <input type="text"/></p> <p>Section Q-Q: <input type="text"/></p> <p>Section R-R: <input type="text"/></p> <p>Section S-S: <input type="text"/></p> <p>Section T-T: <input type="text"/></p> <p>Section U-U: <input type="text"/></p> <p>Section V-V: <input type="text"/></p> <p>Section W-W: <input type="text"/></p> <p>Section X-X: <input type="text"/></p> <p>Section Y-Y: <input type="text"/></p> <p>Section Z-Z: <input type="text"/></p>							
<p>3. Material and Construction</p> <p>Material: <input type="text"/></p> <p>Construction: <input type="text"/></p> <p>Notes: <input type="text"/></p>							
<p>4. Notes</p> <p>1. All dimensions are in millimeters.</p> <p>2. All materials are to be of the best quality.</p> <p>3. All construction is to be in accordance with the latest standards.</p> <p>4. All work is to be done in accordance with the approved drawings.</p> <p>5. All work is to be done in accordance with the approved specifications.</p> <p>6. All work is to be done in accordance with the approved methods.</p> <p>7. All work is to be done in accordance with the approved procedures.</p> <p>8. All work is to be done in accordance with the approved practices.</p> <p>9. All work is to be done in accordance with the approved techniques.</p> <p>10. All work is to be done in accordance with the approved methods.</p>							

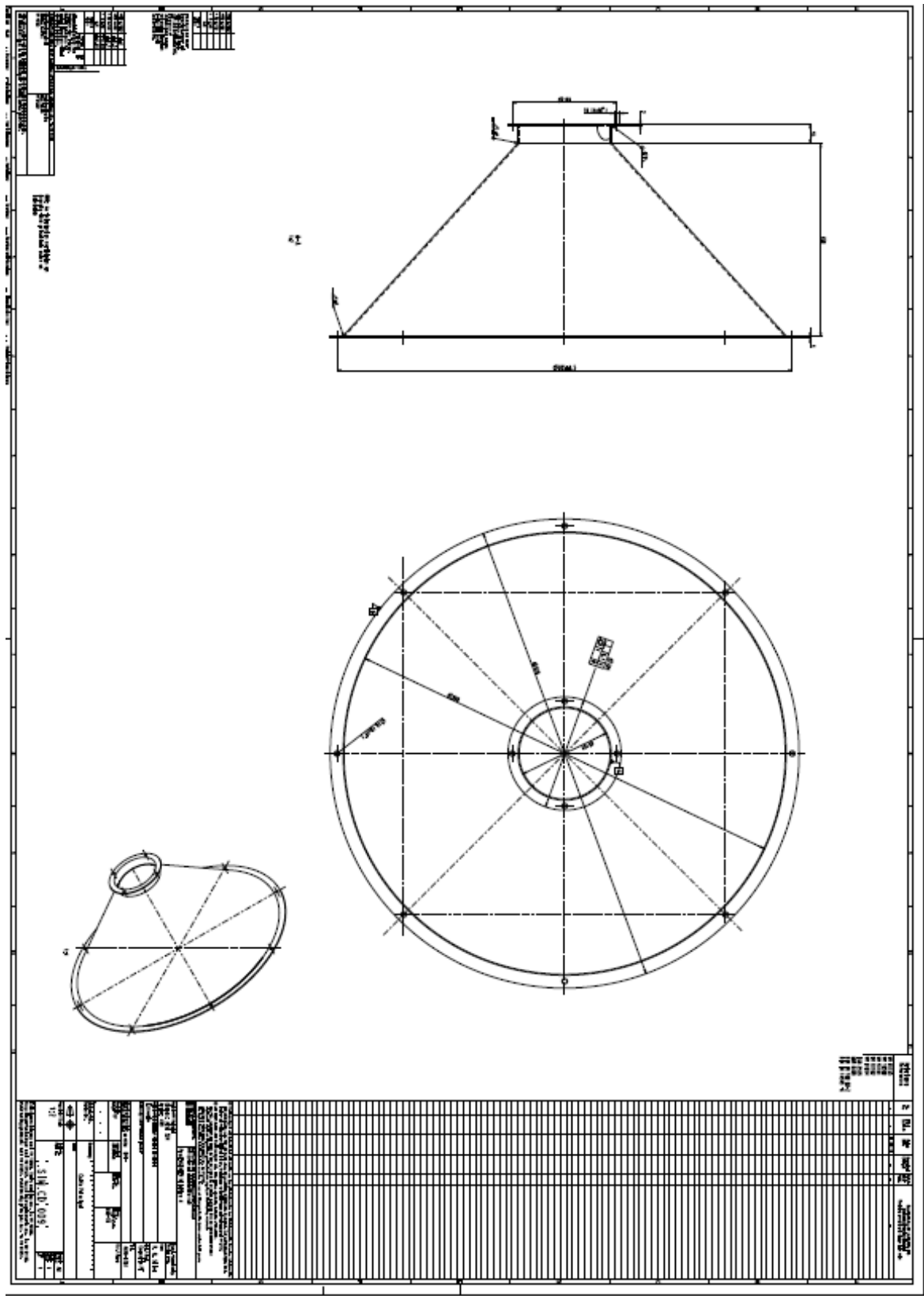




[illegible]









[illegible]

262



[illegible]

